

Ueber Tunnelbau im Allgemeinen, Ursachen der Deformation der Tunnelmauerung und Vorführung eines neuen rationellen Tunnelbau-Systemes.

Vortrag*) von **Könyves-Tóth**, Ingenieur.

(Schluss.)

III.

Böhlzungs - Methoden.

Betrachten wir nun die Mittel, durch welche die sichere Ausführung einer Tunnelmauerung ermöglicht wird, nämlich die Böhlzungen.

Der Hauptzweck ist und bleibt stets die Erreichung des sicheren Bestandes eines Tunnels; die Böhlzung ist nur ein Mittel zu diesem Zwecke. Je sicherer, je schneller und je billiger nun der Hauptzweck erreicht wird, desto vorzüglicher ist das Böhlzungs-System, sei es aus Holz oder aus Eisen; wenn aber der Hauptzweck, der sichere Bestand der Mauerung, oder des sonstigen definitiven Ausbaues, der billigen, schnellen Böhlzung wegen geopfert werden muss, dann kann das System noch so vortheilhaft und kunstvoll sein, es wird doch nur die partielle Ausführung des Mauerwerkes auf kurze Dauer ermöglichen, niemals aber zum Endziele, zum sicheren Bestande des Tunnels, führen können.

A. Holzbau - Systeme.

Sämmtliche Holzbau-Systeme, die in dem vorzüglichen Werke des Herrn Ržiha so charakteristisch beleuchtet und mit ihren Vorzügen und Nachtheilen so ausführlich vorgeführt sind, erwähne ich nur in ihren Hauptzügen, um das zur Schlussfolgerung Nöthige hervorheben zu können.

Verpfählung. Es gibt zwei Arten Verpfählung (Bretterverzug), entweder Querpfähle senkrecht auf die Tunnelachse, oder Langpfähle parallel zur Tunnelachse, die in natürlicher Consequenz ihrer Einbauart entweder mit Längs- oder mit Querbalken unterfangen werden.

Aushub. Ebenso sind zwei verschiedene Hauptarten des Aushubes gebräuchlich, entweder in kleineren Partien, oder zum ganzen Profile führend.

Die vier Hauptsysteme.

Durch verschiedenartige Combinirung der oberwähnten Verpfählungs- und Aushubsarten entstanden die vier Hauptsysteme, die sich ausserdem noch in der Art und Weise der Ausführung des Mauerwerkes von einander charakteristisch unterscheiden.

1. Belgisches System; Mauer - Unterfangungs-Baumethode: Querpfähle, Aushub und Mauerung in kleineren Partien, stufenweise, in horizontalen Stufen, von oben nach abwärts. Mauerungsbeginn mit dem Firstgewölbe.

2. Deutsches System; Kernbau-Methode: Langpfähle, Aushub und Mauerung mit Erhaltung des Kernes in kleineren stollenartigen Räumen, etagenweise von unten nach oben. Mauerungsbeginn mit den Widerlagern.

3. Oesterreichisches System; Bockgestelle-Baumethode: Langpfähle, Sparrenzimmerung. Aushub scheibenweise in senkrecht auf die Tunnelachse stehenden Scheiben, zum ganzen Profile führend, Mauerung im ganzen Profile, Beginn derselben mit den Widerlagern.

Das Sohlengewölbe wird bei den erwähnten drei Systemen nachträglich eingezogen, kann aber nur bei dem österreichischen Systeme auf die ursprünglich eingebrachte Böhlzung abgespreizt werden.

4. Englisches System; Streichjoch - Baumethode: Querpfähle, Kronbalken - Umfangzimmerung. Aushub scheibenweise in parallel zur Tunnelachse liegenden Scheiben, zum ganzen Profile führend. Mauerung im ganzen Profile, Beginn derselben mit dem Sohlengewölbe. (Die Widerlager jedoch einer systematischen Abspreizung entbehrend.)

Modification verschiedener Systeme.

Charakteristische Modificationen sind:

1. Oesterreichisches Langschwellen-System: Beim Homberg-Tunnel wollte man den Mangel des österreichischen Systemes, das nachträgliche Einziehen des Sohlengewölbes, beseitigen, und fing den oberen Theil der Zimmerung mit Langschwellen auf, die vorne an dem noch nicht abgebauten Gebirge auflagen, unter deren Schutze dann das Sohlengewölbe im Vorhinein eingezogen und das definitive Bockgestelle auf das Sohlengewölbe aufgestellt wurde. (Zeitschr. des österr. Ing- und Arch.-Vereines 1873, XII. Heft.)

2. Englisches Mittelgestelle-System: Bei den Tunneln Ast (Brennerbahn 1867), Kriván (kön. ung. Nordbahn 1871), Lupkow (ung.-galiz. Verbindungsbahn 1873) wollte man jenen Mangel des englischen Systems, dass die Kronbalken (Umfangs-Streichjoche) auf eine zu grosse Länge auf Biegung in Anspruch genommen werden, dadurch beseitigen, dass man sie auch zwischen den zwei Endstützen ein oder mehrere Male unterstützte. Durch diese Mittel-Tragsäulen wurde aber die Sohle derart verstellt, dass der grosse Vortheil des englischen Systems, das im Vorhinein-Einziehen des Sohlengewölbes, (in Lupkow schon in den ersten Bauperioden) aufgegeben wurde; in Homberg hingegen wurden alle möglichen Behelfe in Anwendung gebracht, um diesen Vortheil zu erreichen. (In den Tunneln Ast und Kriván war kein Sohlengewölbe nothwendig.)

Das System ist sehr verbreitet; ich will hier nur jene Tunnel zur Charakteristik hervorheben, welche ich in ihren Details kenne.

3. Centralstreben - Bausystem könnte vielleicht ein fünftes Hauptsystem genannt werden. Der Name charakterisirt die Baumethode genügend; sie ist bei dem Altenbekener Tunnel (Zeitschr. für Bauwesen, Erbkam 1868) ausgeführt worden, und ist in der Wiener Weltausstellung in einer anderen Ausführungsweise — mit Eisenlangschwellen — von der Direction der Eifelbahn ausgestellt worden, über welche meines Wissens eine Mittheilung des Herrn Oberingenieurs Ržiha in Aussicht steht.

*) Gehalten im ungar. Ingenieur- und Architekten-Vereine zu Pest am 17. März 1875 und im österr. Ingenieur- und Architekten-Vereine zu Wien am 24. April 1875.

Kritik der Systeme.

Sehen wir gegenwärtig von dem Endziele der Bölung, von der Ermöglichung der vollkommen sicheren Herstellung des Mauerwerkes ab, und betrachten wir die Systeme nur als Holzeinbauten, und untersuchen wir nun, welche Zimmerungsmethode, von deren Einflüsse auf die Mauerung ganz abgesehen, die vorzüglichste ist?

Diese Frage wird durch die einfachsten Principien der Baumechanik gelöst.

Vergleichen wir die Inanspruchnahme eines und desselben Balkens als Träger auf Biegung, d. h. senkrecht auf seine Längsachse, mit der Inanspruchnahme desselben als Strebe auf Zerknickung, d. h. in der Richtung seiner Längsachse, so haben wir beziehungsweise:

$$p = 2 \frac{T' \cdot \pi \cdot r^3}{l}$$

$$P = \frac{E' \cdot \pi^3 \cdot r^4}{4 l^2};$$

bei der günstigen und ungünstigen Annahme:

$$T' = \frac{T}{n} = \frac{150}{2} = 75 \text{ und } E' = \frac{E}{n} = \frac{110.000}{15} = 7333,$$

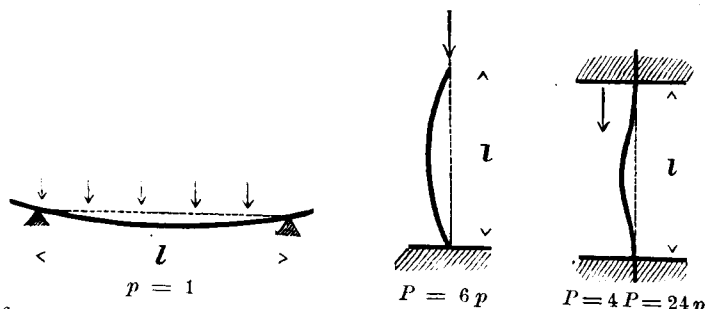
$$\text{daher } p : P = 2 \times 75 : \frac{7333 \pi^2}{4} \cdot \frac{r}{l} = 150 : 18.040 \cdot \frac{r}{l},$$

$$p : P = 1 : 120 \frac{r}{l}$$

Für $r = 25$, $l = 500^{\text{cm}}$ wird

$$p : P = 1 : 6.$$

Es besitzt demnach die Strebe, wenn sie auf Zerknickung in Anspruch genommen wird, eine sechsmal grössere Tragfähigkeit, als wenn sie der Biegung unterworfen ist. Die Tragfähigkeit der Strebe selbst wird plötzlich viermal grösser, steigert sich also auf das Vierundzwanzigfache jener des Trägers, sobald die Enden derselben eingespannt werden; nach Hodgkinson's Versuchen verhalten sich



frei aufstehende Säulen ebenso wie eingespannte; bei den auf Biegung in Anspruch genommenen Trägern dagegen wird in Folge Festklemmung beider Enden derselben nur ein Resultat, wie $1 : 1\frac{1}{2}$ erzielt, resp. die Tragfähigkeit nur um die Hälfte erhöht werden können.

Das Verhältniss für die Strebe, mit dem Träger verglichen, wird desto günstiger, je grösser $\frac{r}{l}$ wird, d. h. je mehr die Länge ab- und die Dicke zunimmt.

Aus diesen Grundprincipien erhellt: dass jenes System das vorzüglichste ist, bei welchem die Träger der Gebirgs- last nicht auf Biegung, sondern auf Zerknickung in Anspruch genommen werden; es ist jenes System desto vorzüglicher, je kürzer die Länge der Streben wird, welche der rückwirkenden Festigkeit ausgesetzt sind, vorausgesetzt,

dass hiedurch keine Drehpunkte entstehen, sondern sämtliche kleineren Stücke als Theile eines grossen feststehenden Ganzen festgeklemmt werden, und dass der Gebirgsdruck nicht auf einzelne Bölungstheile concentrirt wird.

Unter den erwähnten Systemen erfüllt die Anforderungen der Baumechanik, was das Bölzungs- Gestelle im Querprofile anbelangt, unstreitig das österreichische Bölzungs-System, mit Bockgestelle und Sparrenzimmerung, am meisten, ist aber — wie sämtliche Systeme mit Langpfählen — mit einem wesentlichen grossen Fehler belastet, welcher den Grundprincipien der Baumechanik geradezu entgegenläuft; im Längenprofile werden nämlich die schwächsten Constructionstheile, die Umfangs-Langpfähle (Verzugsbretter) auf Biegung in Anspruch genommen. In Folge dessen entsteht die Anomalie, dass, während das Gestelle auf 4—6^{kg} Tragfähigkeit per \square^{cm} Umfangsfläche in Anspruch genommen werden kann, die Verbindung der Gestelle die Langpfähle (Bretter) per \square^{cm} nicht einmal auf 1^{kg} Belastung mit Sicherheit in Anspruch genommen werden können; denn bei $T' = 75^{\text{kg}}$ muss ein Pfosten von 2 Zoll (5^{cm}) Stärke bei 1^{kg} Belastung schon auf 53^{cm} Distanz unterstützt werden. (Siehe die am Schlusse beigegebene Tabelle.) Stärkere als 5^{cm} dicke Pfähle zu nehmen, wäre aber eine Verschwendung, denn bei einem so grossen Drucke müssten sie vermauert werden; die Rückgewinnung stärkerer Pfähle wäre dagegen ungemein zeitraubend und auf die Solidität des Mauerwerkes nachtheilig einwirkend; die Gestelle aber näher als 50^{cm} lichte Weite zu stellen, wäre unpraktisch und würde die Mauerung hindern.

Was den Längenverband anbelangt, so entspricht den Anforderungen der Baumechanik das englische System viel mehr, da die schwachen Querpfähle (Verzugsbretter) mit Mann an Mann eingebrachten Kronbalken unterstützt werden können, ohne die Mauerung zu hindern, und diese Kronbalken (Streichjoche), also das stärkste Holz, werden der Biegung ausgesetzt. (Siehe Tragfähigkeit in der am Schlusse beigegebenen Tabelle.) Die Kronbalken werden dann durch starke Tragschwellen, Tragsäulen, aufgefangen, deren Unterstützungs-Distanz, resp. die Ringlänge bis auf 2^m herabgemindert und immerhin noch bequem gemauert werden kann.

Um nun die Biegezugfestigkeit der Kronbalken auf eine noch geringere Länge in Anspruch zu nehmen und trotzdem die Bequemlichkeit, in längeren Ringen zu mauern, nicht aufgeben zu müssen, ist das englische Mittelgestelle-System entstanden. Dieses System besitzt auch selbstverständlich den grossen Vortheil des englischen Systemes, dass die Kronbalken mit den Lagerflächen des Mauerwerkes parallel liegen und eine jede Auswechslungsarbeit entbehrlich wird.

Dieser praktische Vortheil und hauptsächlich der Umstand, dass es den Anforderungen der Baumechanik entspricht, nämlich die Inanspruchnahme des stärksten Einbaulozes auf Biegezugfestigkeit bei möglichst kurzen Unterstützungs-Distanzen desselben ist die Ursache — vielleicht manchmal

unbewusst — dass dieses System so lieb gewonnen und so verbreitet wurde.

Dass manche mit diesem Systeme ausgeführte Tunnelmauerungen deformirt wurden, ist noch keineswegs ein Beweis, dass das englische Mittelgestelle-System an und für sich schlecht und verwerflich sei; sondern ein Beweis, dass das System falsch angewendet wurde, indem dort, wo das Sohlengewölbe nothwendig gewesen, und erst nachträglich eingezogen ward, der Hauptcharakter des englischen Systems, das im Vorhinein-Einziehen des Sohlengewölbes, verloren ging. Dass aber diese Beraubung des grössten Vortheiles des englischen Systems dort, wo das Sohlengewölbe im Vorhinein einzuziehen nicht unumgänglich nothwendig sei, mit dem Systeme nicht bedingungslos zusammenhänge, wurde am Lupkower Tunnel bewiesen, wo nach der zweiten Katastrophe das Sohlengewölbe mittelst Auswechslung der Mittelständer im Vorhinein eingezogen wurde.

Dieses rationelle Vorgehen, die vollkommen ausgeführte richtige Form ist — meiner Ansicht nach — die Ursache, dass keine dritte Deformations-Katastrophe mehr eintrat, und nicht der zur Reconstruction verwendete Granit. — Ein unumstösslicher Beweis meiner Behauptung sind die mit den Granitringen zu gleicher Zeit aus Sandstein reconstruirten Ringe *), die, ohne das kleinste Merkmal einer Deformation, gut gehalten haben, und falls mehrere dieser Sandsteinringe, bei denen das Sohlengewölbe im Vorhinein eingezogen wurde, in der Zukunft nicht halten sollten, dann würde nicht die Richtung des Druckes, sondern die Intensität desselben, die Ueberschreitung der Tragfähigkeit des Baumaterials, Ursache der Zerquetschung und der in Folge derselben eingetretenen Deformation sein; aber auch dies, im Falle es erfolgen sollte, glaube ich bei den neuen Sandsteinringen der dritten Bauperiode, welche durchgehends aus Quadern mit der grössten Sorgfalt im Vorhinein eingezogenem Sohlengewölbe gebaut wurden, noch immer nicht so sehr auf die abnorme Intensität des örtlichen Druckes, als vielmehr auf die Gebirgsbewegung im Ganzen und auf den Umstand zurückführen zu müssen, dass der Sandstein, welcher trotz des Baues in eigener Regie, bei dem massenhaften Quaderaufwande,

*) Die nach dem Vortrage erfolgte Bemerkung des Herrn Bauleiters des Lupkower Tunnelbaues während der dritten Periode: „dass mit dem im Vorhinein-Einziehen des Sohlengewölbes allein nicht ganz abgeholfen gewesen wäre“, erlaube ich mir nur theilweise dahin zu beantworten: dass ich durchaus nicht behauptet haben wollte, dass die richtige Form des Mauerwerkes dessen sicheren Bestand, ohne die sichere Tragfähigkeit des Querschnittes garantire — und auch nicht, dass die richtige Form die Tragfähigkeit des Baumaterials im Mindesten erhöhe, den Tunnel vor einer Destruction sicherstelle. Ich wollte nur behaupten, dass die Tragfähigkeit des Baumaterials nur bei einer richtigen Form des Mauerwerkes in Anspruch genommen werden kann, dass Deformation und Destruction, d. h. Verdrückung und Zerquetschung des Mauerwerkes einander vollkommen getrennten Ursachen zuzuschreiben sind, wenn auch beide sehr oft in der Wirkung zugleich erscheinen, oder aber die eine in Folge der anderen entsteht. Was meine weiteren, speciell den Lupkower Tunnel betreffenden Behauptungen anbelangt, so kann ich dieselben bis zu einer wissenschaftlich begründeten Widerlegung nicht als entkräftet annehmen.

in den Steinbrüchen auch im Winter gebrochen wurde, bruchfeucht verfroren ist.

Die riesigen Differenzen der Tragfähigkeit der bei dem Lupkower Tunnel verwendeten Oslawiczaer, Komanezaer Sandsteine von 120 bis 650^{kg} per □^{cm} (mitgetheilt in der Zeitschrift des österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines 1874, VIII. Heft) finden in diesem Bruchfeuchtverfröhrungs-Process, meiner Ansicht nach, die naturgemässeste Erklärung.

B. Eisenbau-Systeme.

Um die Vorzüge sämmtlicher Methoden, auf welche ich mich später bei dem neuen Systeme beziehen werde, hervorheben zu können, will ich auch die Eisenbau-Systeme mit Schlagwörtern charakterisirt vorführen.

Man kann eigentlich nur zwei Hauptsysteme unterscheiden, das Brunel'sche und Ržiha'sche.

1. *Brunel's System*, 1834. Erster Themse-Tunnel. Charakteristik: Die Eisenpfähle werden nicht mittelst Schlägel vorgetrieben, sondern mittelst Schrauben parallel zur Tunnelachse vorgeschoben, sie liegen auf einer festen Rahme auf, und übergreifen nach rückwärts das Mauerwerk derart, dass unter dem Schutze des hinteren Theiles derselben die Ausführung eines kurzen Mauerringes im ganzen Profile, mit dem Sohlengewölbe beginnend, ungehindert ermöglicht wird.

Die Brust kann vorne nach erfolgtem Vorpressen der Vorschiebepfähle unter dem Schutze derselben, da sie sich in Folge des nach rückwärts weiten Uebergreifens selbst tragen, mit voller Sicherheit in kleinen Zellenräumen und doch zum ganzen Profile führend, abgetrieben werden, wonach in den „vor Ort“ entstandenen leeren Raum die feste Rahme selbst partiell vorgeschoben und an deren früher eingenommenem Platze, da sie die äussere Lichte des Tunnelprofiles zum Umfange hat, wieder gemauert werden kann.

2. *Ržiha's System*, 1864. Tunnel Ippensen & Naensen. Charakteristisch ist, dass die Holzpfehl-Umfangszimmerung des österreichischen Systemes mit Pfandkeilen und mit Schlägelvortrieb beibehalten wurde; Hauptcharakterzug *) desselben ist jedoch, dass das österreichische Bockgestelle gänzlich verlassen wurde, und dass zum Tragen der ganzen Gebirgslast und zugleich der Mauerung als Hauptträger ein einziger, grosser, eiserner, auf das im Vorhinein eingezogene Sohlengewölbe aufgestellter, in der inneren Lichte nicht unterstützter, freier Tunnel-Lehrbogen-Rahmen dient. (Wie solcher bei dem Tunnel zu Hare-Castle im Jahre 1827 vom Ingenieur Telford zur Mauerung verwendet wurde. Förster's Bauzeitung 1839.) Auf den zur inneren

*) *Ržiha's Vorläufer* 1864. S. 27. „Ein eiserner Lehrbogen wird als Hauptträger aufgestellt. Auf demselben ist ein zweiter, aus kleinen Rahmen bestehender Kranz ringsum gut befestigt. Dieser Apparat bildet zusammen den eisernen Tunnelrahmen.“ Will man auf den Lehrbogen mauern, so nimmt man nach Maassgabe der Aufmauerung immer einen kleinen Rahmen jenes Kranzes weg, fügt statt dessen die Steine ein und bringt so ohne Holzbau das Gewölbe zum Schlusse.

Lichte des auszuführenden Mauerwerkes passenden Tunnel-Lehrbogen-Rahmen wird rings herum ein aus kleinen, vier-eckigen, die Pfähle unmittelbar unterstützenden eisernen Auswechselrahmen bestehender Kranz gut befestigt, wodurch die bei Langpfählen unvermeidliche Auswechslungsarbeit sehr leicht auszuführen ist, indem die Auswechselrahmen je nach dem Fortschreiten der Mauerung einzeln entlastet weggenommen werden.

Brunel's Nachahmungen.

Schmidt zu Rüdersdorf's System.

Stollenbau des Alaun-Bergwerkes in Freienwald 1836. Die Vorschiebe-Eisenpfähle wurden mittelst hebelartig benützten Eisenstangen über den Stollenrahmen parallel zur Achse vorgeschoben und unter dem Schwanzende der Pfähle wurde die Mauerung ausgeführt. (Warsten's Archiv 1836.)

Barlow's System, zweiter Themse-Tunnelbau 1868. Eisenblechröhre mit Schraubenvortrieb, unter deren Schutze ringweise eine Eisenverkleidung als definitiver Ausbau eingebracht wurde. (Zeitschrift des österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines 1871, I. Heft.)

Beach's System, Stollenbau zur Wasserleitung der Stadt Chicago, unter dem Erie-See 1868. Eisenblechröhre mit hydraulischem Pressenvortrieb, unter deren Schutze ringweise ein Ziegelmauerwerk eingebracht wurde. (The Science Record 1872, New-York.)

Maywald's Kriegsstollen-System (holländische Galerie mit eisernem Vorhause der k. k. österr. Genie-Truppe) 1862.

Eiserne Vorschiebefähle auf Holzrahmen mit Windenvortrieb. (Mittheilungen des k. k. Genie-Comité's 1864. IX.12.)

Winkler's System.

Verschmelzung der Systeme Brunel & Ržiha.

Professor Dr. Winkler hat das Ržiha'sche System in seinem Projecte „Wiener Tunnelbahn“ 1873 mit der Umänderung angenommen, dass er die österreichische Pfahlvortrieb-Methode in die Art der englischen Brunel'schen Pfahlvorschiebe-Methode umwandelte; neu und charakteristisch ist, dass er die ursprünglich für den Abbau eingebauten Eisenlehrbögen mit einer unter dem Schutze der Vorschiebeschienen eingebrachten schmiedeisernen Blechverkleidung versehen, als an manchen Stellen anzuwendenden definitiven Ausbau*) des Tunnels in Vorschlag brachte, wodurch er das System Ržiha's in eine Art des Systemes Barlow übergehen liess, dabei aber auch die Einbau-Arbeit gänzlich ersparte.

*) Wiener Tunnelbahn 1873. S. 16.

„Die Anwendung eines provisorischen Ausbaues in Holz oder auch in Eisen hat aber noch einen weiteren finanziellen Nachtheil, indem die Herstellung des provisorischen Ausbaues selbst mit grossen Kosten verbunden ist. Wir wollen auch diesen Uebelstand noch dadurch beseitigen, dass wir einen definitiven Ausbau in Eisen in Anwendung bringen. Wir gewinnen hiedurch nebenbei noch folgende Vortheile:

1. Die Gefahr für die in der Nähe befindlichen Häuser wird noch mehr vermindert, weil die Auswechslung des provisorischen und

Vergleich der Getriebe- und Vorschiebe-Methode.

Bei losem Gebirge, wo eine Getriebezimmerung absolut nothwendig ist, ist der Vortheil der Vorschiebe-Methode auch augenscheinlich, denn während man bei der Pfandkeil-Arbeit und beim Schlägelvortrieb die Bretter unter einem Winkel zur Achse vortreiben und um den Pfählen eine Führung geben zu können, die Reibung künstlich mit Keilen, Einlagen und Zwischengesparren erhöhen, mit Absicht bedeutend vergrössern muss) ist bei dem Vorschieben der Vorschiebefähle ein jedes Brett für ein Brett, parallel zur Tunnelachse, nur mit dem Minimum der Reibung zu rechnen.

Einer der Hauptvortheile der Vorschiebe-Methode ist aber, dass die Cohäsion des oft gefahrdrohenden losen Gebirges durch erschütternde Schläge nicht gänzlich zerstört wird, wie es bei der Schlägelgetriebezimmerung in einem grossen Umfange der Fall ist; sondern, dass die Pfähle langsam, aber mit unwiderstehlicher Gewalt vorgepresst, sich kaum hörbar in das lose Gebirge einschneiden.

Der handgreiflichste Beweis, dass für die Stollen- und Tunnelgetriebe-Zimmerung sich nur die Vorschiebe-Methode eignet, und der Schlägelvortrieb als primitiv und ungenügend aufzulassen sei, ist die auf gleichen Principien basirende, für loseres Material allgemein und ausschliesslich angewendete Senk-Schachtbau-Methode, deren Anwendung Professor Dr. Winkler in seinem erwähnten Projecte für unter Wasser zu führenden Tunnel als pneumatische Senk-Tunnelbau-Methode sinnreich durchgeführt hat.

Ursache der Nichtanwendung der Eisen-Tunnelbau-Systeme in Oesterreich-Ungarn.

Ich möchte noch im Kurzen die Ursache erwähnen, warum die Eisenbau-Methoden trotz ihrer grossen Vortheile sich bei uns nicht einbürgern konnten.

Die einzelnen, oft kleineren Bauunternehmungen können vor dem Durchschlage des Sohlenstollens kein so theueres Inventar anschaffen, welches sie, trotz der Probebohrungen und Probeschächte, seinerzeit bei der Ausführung in kurzen Ringen nicht unumgänglich benöthigen, oder vielleicht nicht einmal brauchen können; — nach dem Durchschlage des Sohlenstollens aber solches zu bestellen, wäre jedenfalls schon zu spät.

Die Tunnel sind auch in manchen Gegenden meilenweit ohne Zufahrtswege, folglich bei Regenzeit oder Thauwetter monatelang mit schwerem Fuhrwerke unnahbar.

Die Hauptursache ist aber, dass das Bauholz bei uns

definitiven Ausbaues ganz in Wegfall kommt, indem wir die Eisenconstruction von vornherein definitiv einbauen.

2. Der nothwendige Gebirgsaushub wird geringer, weil die Eisenconstruction eine kleinere Dicke zulässt als die Mauerung.

3. Die üblichen Nischen in der Mauerung zum Unterstellen der Arbeiter und Unterbringung von Arbeitsgeräthen können in Wegfall kommen, weil hiezu der Raum zwischen den einzelnen eisernen Bogenrippen genügt.

4. Namentlich aber liegt ein eminentes Vortheil in der wesentlich leichter durchzuführenden Unterfahrung von Gewässern nach der von uns später zu beschreibenden pneumatischen Methode.“

noch immer nicht nur verhältnissmässig sehr billig ist, sondern dass es auch bei einem, der Natur des Gebirges entsprechendem Systeme, bei einem gut geleiteten Baue auch bei dem grössten Drucke vollkommen entsprechend ist. (Städte-Untergrundbahnen und unter Wasser zu führende Tunnels ausgenommen). Beweis hievon ist die endlich doch mittelst Holz durchgeführte Herstellung der auf das ärgste deformirten Tunnel selbst.

Schlussfolgerung.

Die Holzbau-Methoden sind also in Anbetracht unserer vaterländischen Verhältnisse so zu vervollkommen, dass sie den Anforderungen der Baumechanik, den praktischen Vortheilen der Getriebezimmern, der grösstmöglichen Sicherheit des Abbaues, Einbaues und Ausbaues der Erdtunnel vollkommen entsprechen, und doch auch für kleinere Unternehmungen und unter allen Verhältnissen leicht zugänglich, billig sein sollen.

Nachdem ich die Vor- und Nachtheile sämtlicher Tunnelbau-Systeme, die ich hier einzeln hervorzuheben absichtlich vermied, später jedoch ausführlich behandelt zu veröffentlichen gedenke, gründlich erwogen hatte, ohne mir im entferntesten eine grössere Beurteilungsfähigkeit, als jene der genannten von mir hochverehrten Autoren anmassen zu wollen, da es jedenfalls leichter ist, nach so vorzüglichen Vorbildern arbeiten und sichten zu können, habe ich auch versucht, aus den vorhandenen Systemen ein neues rationelles Bausystem zu construiren, welches die Vorzüge sämtlicher Methoden, mit so viel als möglicher Vermeidung etwaiger Nachtheile, in sich vereinigen, den Hauptzweck, die sichere Ausführung eines soliden Mauerwerkes, ermöglichen soll.

Ich erlaube mir nun, das neue System vorzuführen.

IV.

Die neue Holzbau-Methode.

Lehrbogen-Bockgestelle-Tunnelbau-System.

Im Falle seiner Ausführung und nach erprobten günstigen Resultaten werde ich dieses System analog den anderen System-Benennungen „ungarisches Tunnelbau-System“ benennen.

A. Charakteristik.

Special-Charakter des neuen Systemes ist die gleichzeitige Anwendung des Lehrbogens und Bockgestelles zum Tragen der Gebirgslast und zugleich zur Aufführung der Mauerung; hieraus entspringen die unter I und II nachfolgenden

Haupt-Charakterzüge:

I. Zweitheilung der Bölzung,

mithin die Dreitheilung der Arbeit in: 1. Abbau, 2. Einbau, 3. Ausbau.

1. Abbau: mittelst Brunel'scher Vorschiebepfähle, welche mit österreichischen Sparren unterfangen werden.

2. Einbau: definitive Bölzung mittelst Querbretter und englischer Kronbalken-Zimmerung.

Beide, Abbau- und Einbau-Zimmerung, werden auf den Rziha'schen Lehrbogen eingebaut, welcher aber in der Mitte durch das starke österreichische Bockgestelle getragen wird.

3. Ausbau: Mauerung mit im Vorhinein eingezo-genem Sohlengewölbe, mittelst der zum Tragen der Gebirgslast verwendeten Zimmerung unterstützt.

I. A b b a u.

Der Abbau der Brust erfolgt mit vollkommener Sicherheit unter dem Schutze der sich vorne selbst tragenden, mittelst Winden, Schrauben oder comprimierter Luft, stufenweise von oben angefangen, je einzeln vorgeschobenen Brunel'schen Vorschiebepfählen.

Die Brustfläche kann in Folge der immer in derselben Höhe eingebauten Tragschwellen mittelst eiserner Vorschiebepfähle in zwei Theile getheilt werden, wodurch nicht nur die grössere Sicherung der Stützung der Brust erreicht wird, sondern auch zwei vollkommen getrennte Arbeitsetagen geschaffen werden und in Folge dessen der Abbau oben und unten zu gleicher Zeit betrieben, sowie das Laden der Waggons von der Plattform der oberen Etage mit dem grössten Vortheile bewerkstelliget werden kann.

Selbst die Brustfläche kann auch mit Vorschiebepfählen abgetrieben werden, welche, sobald drei oder vier horizontale Brustbretter eingebracht wurden, vertical aufgestellt anzulegen, und mit horizontalen Streichpfosten abzufangen sind. Unter dem Schutze dieser Stück für Stück vorgeschobenen verticalen Vorschiebepfähle können dann die übrigen horizontalen Brustbretter, eines nach dem andern, auch beim schlechtesten Materiale, mit der grössten Leichtigkeit und Sicherheit, und ganz genau in der Vertical-Ebene eingebracht werden, wonach die Brust mittelst systematisch eingebauter Langstreichpfosten und Querstützbalken, im Vorhinein schon mit Rücksicht auf die aufzustellenden Traggerüste mit tüchtigen Bolzen abgespreizt, definitiv gesichert wird.

Dass ich auf die Sicherung der Brust eine so grosse Sorgfalt verwende, wird durch die riesenhaften Dimensionen derselben (bei einem doppelspurigen Tunnel 11^m Breite, 9.5^m Höhe) wohl begründet sein.

Unter dem Schutze der auf 1.5 bis 2^m vorgeschobenen First- und Ulm-Vorschiebepfähle und der vollkommen sicheren Brust werden dann das Bockgestelle und der Lehrbogen, ohne jede verlorene Zimmerung oder Unterfangungsarbeit, von unten angefangen im freien Raume aufgestellt und abgebunden.

Dieses Abbinden, resp. diese Verbindung der an und für sich kurzen Einbauhölzer zu einem festen, unverrückbaren, grossen Ganzen wird mittelst Eisenbefestigung und Keile vor der Inanspruchnahme durch die Gebirgslast bewerkstelligt, die erst dann auf den Umfang der Bölzung übertragen wird, wenn das Ganze fest abgebunden, mittelst Schraubenbolzen oder Keilspreizen in die genau richtige Lage, in die vorgeschriebene Stellung gebracht wird; erst dann, wenn die Stellung des Gespärres gesichert ist

wird die die Vorschiebepfähle zu stützende Umfangssparren-Zimmerung partiell eingebracht und nach Bedarf verstärkt.

Die Spreizen der Sparren könnten, da sie immer in einer und derselben Länge erforderlich sind, ohne Keile eingebracht werden; weil es aber bei dem Vorschieben der Pfähle in der Natur nicht immer so glatt abgeht, wie man es projectirt, so sind die Spreizen, um auch eine schnelle Lösung ohne Verschnitt zu gestatten, mittelst Keilen beliebig zu verlängern ohne jedoch hiedurch einen Drehpunct geschaffen zu haben, da sämtliche Spreizen zwischen Pfosten gepresst und mit eisernen Laschen umgürtet werden, welche die Bewegung in der Achsenrichtung der Spreize immerhin erlauben.

Die Vorschiebepfähle bleiben bis zum Schlusse sämtlicher Ringe oder bis zu ihrer Dienstunfähigkeit oben und vorne. Eine umständliche Arbeit ist das Auswechseln der schadhaften Vorschiebepfähle, und eine der schwierigsten Aufgaben ist die sichere Einrichtung der Aufbruchringe. (Diese Arbeiten werde ich seinerzeit in einzelnen Momenten behandeln.)

2. Einbau.

Der definitive Einbau erfolgt im dritten Felde an der Brust unter dem Schutze des rückwärtigen, an zwei Stützpunkten aufliegenden flachen Theiles der Vorschiebepfähle mit Leichtigkeit und vollkommener Sicherheit zu gleicher Zeit mit der im ersten Felde stattfindenden Gespärre-Aufstellung, ohne dieselbe im Mindesten zu beeinträchtigen.

Der definitive Einbau wird dadurch hergestellt, dass man an die Vorschiebe-Langpfähle Querbretter anlegt, welche die Länge der entsprechenden Sparren haben, und diese Querbretter dann mit Streichjochen, Kronbalken, unterfängt, welche durch die verlängerbaren Spreizen fest angetrieben werden können. Die an die Sparren anstossenden zuerst eingebrachten Kronbalken können natürlich nur bis zur Mitte jenes Lehrbogens reichen, auf welchen gleichzeitig auch die Sparren noch aufliegen müssen, bedürfen daher, um trotz dem ober der Mitte eines jeden Lehrbogens erfolgenden stumpfen Stosse derselben, einen guten Längenverband herstellen zu können, eiserner Laschenverbindungen. Die später beim Eintritte des Druckes zur Verstärkung eingebrachten Kronbalken können dann übergreifen.

Die definitive Zimmerung ist eigentlich nichts Anderes, als die systematische Zusammenfassung der bei der österreichischen Baumethode während der Mauerung fortwährend nothwendigen Auswechslungsarbeiten, eine geordnete sichere Ausführung derselben vor dem Eintritte der Setzung, der Druckerscheinungen, vor dem Beginne der Mauerung, zu gleicher Zeit mit den in den anstossenden Feldern stattfindenden Mineur- und Maurerarbeiten, ohne durch den definitiven Einbau weder die Vormineure beim Abbaue noch die Maurer beim Ausbaue im Mindesten zu hindern, noch die Cohäsion des Gebirges im Geringsten zu beeinträchtigen.

3. Ausbau-Mauerung.

Es ist leicht ersichtlich, dass durch die Einbringung der definitiven Zimmerung, d. i. der zu den Schichten des Mauerwerkes parallel laufenden Kronbalken mit Querbretterverzug die Mauerung mit der grössten Sicherheit und Leichtigkeit ohne jede Auswechslungsarbeit, ohne Aufstellung neuer Lehrbögen und Maurergerüste ausgeführt werden kann; denn je nach Aufführen des Mauerwerkes werden die oberhalb desselben laufenden Kronbalken durch die Lösung der mittelst Keile angetriebenen Stempel ohne Anstand einfach entfernt, da die Querverzugsbretter an einem Ende schon vom Mauerwerke selbst, am anderen aber noch von den übrigen Kronbalken getragen werden. Die Erhaltung der Form des Mauerwerkes sammt der daraufliegenden Gebirgslast übernehmen dieselben Bölzungsbestandtheile, welche früher die Gebirgslast getragen haben; die Gerüste der Mineure verbleiben auch für die Maurer, daher die Aufstellung neuer Lehrbögen und Gerüste entfällt.

Es dürfte vielleicht auffallend sein, dass das Sohlengewölbe in dem bei der Lehrbogen-Bockgestelle-Baumethode im ersten Felde erreichten vollkommen sicheren freien Raume nicht im Vorhinein eingezogen und das Gespärre nicht darauf gestellt wird, da das hier ohne Anstand stattfinden könnte und ich für das im Vorhinein Einziehen des Sohlengewölbes vorher so warm eingetreten bin. Ich will das absichtlich nicht thun, weil ich überzeugt bin, dass, wenn auch dieser Vorgang die Sicherheit der Bölzung möglicherweise heben könnte, für den sicheren Bestand der Tunnelmauerung aber, was der eigentliche Zweck, das einzige Ziel ist, jedenfalls schädlich wäre, und der Ansicht bin, dass der Sicherheit der Bölzung wegen die Sicherheit des Mauerwerkes nie geopfert werden darf.

Es könnte der Umstand hervorgehoben werden, dass das Sohlengewölbe wellenförmig deformirt werde, wie beim Homberg-Tunnel; ich finde dieses auch ganz natürlich, da das grüne Sohlengewölbs-Mauerwerk als Gewölbe gar nicht in Anspruch genommen, sondern, ganz entgegengesetzt, von innen hinaus zu gepresst worden ist.

Die sichere Erreichung des Hauptzweckes, die möglichste Schonung des noch frischen Sohlengewölbes, bewog mich sogar, die ganze Gebirgslast auf das Sohlengewölbe bis zum Schlusse des Ringes nicht zu übertragen, sondern für die Hauptständer im Sohlengewölbe Löcher auszusparen.

Um das Sohlengewölbe vor einer durch die Steigung der Sohle ermöglichten Deformation zu schützen, werden nur einige Schalpfosten eingezogen. Die Widerlager werden ebenfalls mittelst Schallatten aufgeführt und die starken Widerlags-Lehrbogenbalken werden an die Pedolinsteine, fest angetrieben, die Verstärkungs-Unterzüge an das Sohlengewölbe fest verkeilt und zwar erst dann, d. i. als Mitträger der Gebirgslast benützt, wenn die Widerlager schon vollkommen fertig sind und eine Deformation des Sohlengewölbes nach aussen nicht mehr möglich ist, das Sohlengewölbe also schon wirklich als Gewölbe in Anspruch genommen werden kann.

Dieses Abfangen eines Theiles der Gebirgslast auf das schon gesicherte Sohlengewölbe muss darum stattfinden, damit der Einfluss derselben auf die Lehrbögen möglichst aufgehoben werde, und die Lehrbögen ihre Stellung während der Ausführung des Firstgewölbes nicht ändern können*). Die eigentlichen Träger der Gebirgslast, die zuerst eingebauten Hauptsäulen des Bockgestelles (die Schwellen-tragständer) verbleiben zum Zwecke der oberwähnten Schonung, und um auch die Spannung nicht im Mindesten zu beeinträchtigen, bis zum Schlusse des Firstgewölbes. Der entsprechende Raum wird für dieselben im Sohlengewölbe ausgespart, welches Vorgehen bei regelrechtem Uebergreifen der Gewölbsteine ohne Nachtheil und leicht ausführbar ist. Die sich immer gleich gross bleibenden Löcher werden dann nach dem gänzlichen Schlusse des Tunnel-mauerwerkes in den betreffenden Ringen, nach Entfernung der ganzen Bölung mit im Vorrath zu haltenden je zwei oder drei Chablonsteinen geschlossen.

II. Zweitheilung der Bölungsverstärkungen.

1. Verstärkung der Bölung.

Durch die Vermittlung des zur inneren lichten Weite des Mauerwerkes passenden im Vorhinein zum Tragen der Gebirgslast verwendeten Lehrbogens und Bockgestelles wird die Verstärkung der Bölung in zwei Theile getheilt: in die Verstärkung des Traggerüstes innerhalb und in die Verstärkung der Umfangszimmerung ausserhalb des Lehrbogens.

a) Gespärre-Verstärkung.

Man kann sowohl unter den Lehrbögen wie unter den Schwellen, ohne die auszuführende Mauerung im Mindesten zu erschweren, lange Unterzüge und Aufzüge einziehen, und je nach dem Drucke ein vollkommen systematisches neues Kranzgespärre, ja sogar in einer und derselben Verticalebene: zu gleicher Zeit zwei Verstärkungskränze einbringen, und zwar ohne irgend eine verlorene Zimmerung oder Unterfangungsarbeit, und ohne je ein einziges Stück der schon eingebauten Hölzer wegnehmen oder verschwächen zu müssen.

In Folge dessen, dass die grossen Verstärkungshölzer sich sämtlich in der inneren Lichte des Mauerwerkes und

*) Dass diese Vorsicht durchaus nicht überflüssig, sondern sehr nothwendig sei, erhellt aus folgenden sehr treffenden Zeilen:

Praktischer Tunnelbau. Lorenz. Wien 1860. Die Detail-construction eines Tunnel-Lehrgerüstes soll so gewählt sein, dass es folgenden Anforderungen entspricht:

..... 2. Es soll keine Bewegung der einzelnen Theile zulassen; Diese Anforderung wird erreicht, indem die einzelnen Lehrbögen durch Langschwellen oder Bolzen mit einander verbunden werden. Jedoch muss besonders hervorgehoben werden, dass es jederzeit besser ist, diese Längenverbindung ganz unabhängig von den zwischenstehenden Bölungsgestellen zu bewerkstelligen, indem bei einem druckreichen Terrain im entgegengesetzten Falle die Bewegung der Bölungsgestelle den Lehrgerüsten mitgetheilt wird und diese aus ihren normalen Stellungen gebracht werden. Aus diesem Grunde ist auch in einem derartigen Materiale die Benützung des Bölungsgestelles als Untergestell für die Lehrgerüste niemals vortheilhaft, und man kann als eine Hauptregel annehmen, dass die ganze Gewölbeinrüstung in einem druckreichen beweglichen Materiale immer so unabhängig als möglich von der Tunnelbölung aufgestellt werden soll.

auch jener der Lehrbögen befinden, ist deren Länge unbeschränkt, und sie sind in Folge des Bockgestelles doch in jeder Höhe handsam. Um die Mauerung, resp. die Einbringung grösserer Bausteine trotz der Verstärkung nicht zu hindern, können sämtliche Unter- und Aufzüge derart angeordnet werden, dass sie in die gleiche Höhe der bei einem jeden Systeme in jedem Falle nothwendig herzustellen Mauergerüste kommen. Die Säulen, Spreizen, Stempel, Froschverbindungen, Sprengbolzen, Diagonal-Streben lassen sämtlich sowohl für den Aufzug als für das Vorrollen der Quader genügenden Raum.

b) Umfangs-Verstärkung.

Man kann ausserhalb des Lehrbogens, u. z. ganz unabhängig von der inneren Verstärkung, die Querpfähle auch partiell unterstützen, die Kronbalken, wenn nöthig, sogar am ganzen Umfange Mann an Mann einbauen, ohne hiedurch die Einbringung der Quadern oder die Mauerung irgend wie zu erschweren, da sämtliche Kronbalken und Spreizen, mit der Aufführung des Mauerwerkes Schritt haltend, nach und nach entfernt werden, und zwar ohne irgend einer Auswechslungsarbeit, ohne dass die Spannung der inneren Verstärkung im Mindesten alterirt würde.

2. Leichthaltung der Bölung.

Mit der Verstärkung hängt die Leichthaltung der Systeme eng zusammen.

Ursprünglich sehr stark einzubauen ist keine Kunst, ist auch bei einem jeden Systeme möglich; „das System muss“ aber, falls sich anfänglich nur ein geringer Druck zeigt, „leicht gehalten, und wenn nöthig, sogleich und zweckentsprechend verstärkt werden können, ohne dass es als System eine Aenderung oder Beeinträchtigung erfährt.“

Ich glaube, dass das neue System dieser von Herrn Rziha so treffend aufgestellten Anforderung einer Holzbaumethode vollkommen entspricht.

a) Gespärre.

Das Bockgestelle ist schon ursprünglich aus mächtigen (30—40^{cm}) Tragschwellen aus hartem Holze und (50—55^{cm}) Tragständern aus Rundholz, der Bohlenlehrbogen aus (40 bis 50^{cm}) breiten Bohlen aus hartem, jedoch nicht zu sprödem Holze entsprechend dick herzustellen. Lehrbogen und Bockgestelle bilden somit in allen Fällen ein mächtiges, starkes, kunstgerecht abgebandenes, vollkommenes Gespärre (Traggerüste), welches bei gewöhnlichem Drucke ohne jede Verstärkung die Gebirgslast durch Vermittlung der Umfangszimmerung zu tragen fähig ist, und doch sehr wenig Materialaufwand beansprucht, da die äussere lichte Weite des Lehrbogengestelles, d. i. die mit starken Hölzern einzubauende Fläche, nur 60% des ganzen auszubölgenden Raumes beträgt.

b) Umfangszimmerung.

Der Hauptcharakter des Systemes ist das Leichthalten des die Gebirgslast unmittelbar tragenden Querbretterverzuges (Pfahlvertäfelung) auch dann, wenn der Druck bedeutend ist und das Gespärre selbst

schon gehörig verstärkt werden muss, weil die unterfangenden Kronbalken ganz dicht eingebracht werden können; durch dieses Verfahren wird es nämlich ermöglicht, auch bei grossem Drucke schwache Bretter (circa um die Hälfte schwächer als wie bei anderen Systemen) der Vermauerung preisgeben zu dürfen.

Die definitive Kronbalken-Umfangszimmerung kann den Umständen angemessen auch möglichst leicht gehalten werden, ohne den Vortheil aufgeben zu müssen, für den Abbau sehr starke Vorschiebepfähle und Sparren zu verwenden.

Das ursprüngliche Leichthalten des ganzen Systemes schliesst jedoch die Möglichkeit einer nothwendig gewordenen nachträglichen Verstärkung, ja der grösstmöglichen erwähnten Verstärkung nicht aus; denn es steht immerhin in der Macht, Verstärkungen wann immer innerhalb oder ausserhalb des Lehrbogens, nach und nach, partiell oder systematisch zugleich einzubringen, ohne ein einziges schon eingebautes Holz wegnehmen oder schwächen zu müssen.

Dieses ursprüngliche Leichthalten und dann die wann und wo immer beliebige Verstärkung ist nur durch den Hauptcharakter des Lehrbogen-Bockgestelle-Systemes: Zweitheilung der Zimmerung, Zweitheilung der Verstärkung: der gleichzeitigen Anwendung der Kronbalken, des Lehrbogens und des Bockgestelles zur Tragung der Gebirgslast erreichbar.

III. Verwendung des Eisens als definitives Befestigungsmittel.

Ein Hauptcharakterzug des neuen Holzbau-Systemes ist auch die vom Anfange bis zum Ende des Einbaues, d. i. von der ersten Aufstellung des Bockgestelles bis zum Entfernen der Lehrbögen stattfindende Verwendung des Eisens als definitives Befestigungsmittel gegen Zug, sowohl in der Längenrichtung als im Querprofile.

Ich glaube eine systematische Eisenconstruction gegen Zug und zum innigen Verbande der Bülzungstheile auch bei einer Holzbaumethode mit vollem Rechte angewendet zu haben, da sich der Eisenverband, auf Abscheerung oder Zerreißen in Anspruch genommen, zum Holzverbande minimum so verhält, wie zehn zu eins.

Die Eisenverbindungen werden nie auf Druck in Anspruch genommen; alle sind entweder muffartig oder derart construirt, dass sie das Setzen und Einbeissen der Hölzer, das Anziehen oder Lösen der Keile nicht im Geringsten hindern. Der Zweck der Eisenbefestigung ist nur die sichere Erhaltung der Druckrichtung sowohl im Kleinen als im Grossen, d. h. dass die einzelnen Bülzungstheile, Ständer, Schwellen, Spreizen, Stempel, Lehrbögen während und nach der Unterkeilung nicht hin und her rutschen können, und zum Ganzen verbunden, die Gespärre gegen Zug sowohl im Längen- als im Querprofile vollkommen gesichert werden.

Dass die Sicherung gegen den Zug, die Anwendung fester Eisenschliessen und Schraubenverbindung auch nothwendig, bei grossem Drucke sogar unentbehrlich und der

provisorische primitive Klammerverband ganz ungenügend ist, wird wohl für jeden erfahrenen Tunnelbau-Ingenieur einleuchtend sein; als Beweis erwähne ich aus zahlreichen veröffentlichten Fällen den Homberg-Tunnel mit den verschobenen Bülzungstheilen. (Zeitschr. des österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines 1873, XII. Heft.)

Ich bin überzeugt, dass, wenn auch bei dem neuen Systeme die Zeichnung eine zu grosse Quantität angewendeter Eisenbefestigungsmittel erscheinen lässt, dieses „zu Viel“ in Wirklichkeit nur scheinbar ist und am Schlusse des Baues sich mit den Massen der verbrauchten Klammern mehr als genügend ausgleichen wird. Die Ursache dessen finde ich in dem einfachen Grunde, dass die Klammern als nur provisorische Befestigungsmittel nach ihrer Wiedergewinnung nicht sogleich und nicht auf einmal, sondern nach und nach, ohne eine Controle zu ermöglichen, nach Bedarf verwendet, massenweise verloren gehen und entwendet werden können. Die Eisenbefestigungen des neuen Systemes werden dagegen systematisch, gespärweise angebracht, ebenso gelöst, und sind durch die dazu befugten und verantwortlichen Arbeiterpartien nur mittelst Schraubenschlüssels lösbar, daher sie sämmtlich, die Abnützung natürlich abgerechnet, bis zum Schlusse des Baues erhalten werden können.

B. Herstellungspreis.

Was den Herstellungspreis der neuartigen Bülzung anbelangt, so liesse sich darüber das günstigste Resultat theoretisch sehr schön ausrechnen. Warum soll ich mit der Menge tabellarischer Zusammenstellungen der Kostenberechnungen und Kostenvergleiche belästigen, da ich es selber bezweifle, dass man im Stande sei, hieraus für was immer für ein System ein wahres, ein für alle Fälle giltiges Resultat hervorzubringen; denn die immense Divergenz der Baukosten mancher, unter ähnlichen geologischen Verhältnissen, nach einem und demselben Systeme gebauten Erdtunnel, ist entweder ein Beweis, dass man im Innern der Erde, trotz der Probeschächte, dem Zufalle überlassen, die Herstellungskosten nicht einmal annähernd zu berechnen im Stande ist, und manche Systeme absolut zu verwerfen wären; oder aber ein Beweis, dass man, wenn das System der Natur des Gebirges entspricht, bei der kunstgerechten Ausführung desselben, die Kosten bei einem jeden Systeme mit Sicherheit berechnen kann, und dass der vorerwähnte Umstand nicht zufällig, sondern nur dann eintritt, wenn die falsch behandelte beleidigte Natur unaufhaltbare Gebirgsbewegungen geschaffen hat, und hiedurch unberechenbare Zwischenfälle hervorgerufen wurden.

Ich halte die Ansicht für falsch, eine jede Gebirgsgattung mit einem und demselben Systeme behandeln, irgend ein System sozusagen in allen Fällen zur Anwendung aufdrängen zu wollen; es wäre sogar ein Verstoß gegen den gesunden Menschenverstand, eine für die Getriebezimmerung eingerichtete kostspielige Bülzungsmethode in zu sprengendem felsigen Gebirge, wo einige Balken zur Stützung genügen, zu verwenden.

Gerade darin besteht die Tunnelbaukunst, bei einem jeden Gebirge das seiner Natur, den

Zeitverhältnissen und sonstigen Anforderungen entsprechende richtige Tunnelbau-System anzuwenden; denn eine jede Arbeit hat nur eine einzige Ausführungsart, die die richtige, wirklich einzig gute ist, und wenn man diese einzig richtige, hier also nach der Natur der hunderterlei Gebirgsgattungen nothwendigerweise sehr verschiedene Lösung nicht trifft, so ist jedenfalls Zeit- oder Geldverschwendung oder beides damit verbunden. Wenn also das neue Lehrbogen-Bockgestelle-System für die Gertriebezimmerung bei Erdtunneln, für welche es bestimmt ist, auch das richtige ist, dann sind dessen Herstellungskosten auch ganz sicher die geringsten.

Ein jeder Gebirgsdruck verlangt einmal eine gewisse Tragfähigkeit vom Einbaue, die bei was immer für einem Systeme nothwendigerweise hergestellt werden muss. Dass nun bei dem neuen Systeme ein jedes Stück Holz derart eingebaut ist, dass hiedurch dessen grösstmögliche Tragfähigkeit erreicht wird, mithin auch das nothwendige Minimum des Bölzungsmateriales annähernd zu erreichen möglich ist, glaube ich bereits bewiesen zu haben. Diesen Vortheil des neuen Systemes würde ich für die Preisermittlung der Bölzung für sich allein doch noch nicht hochschätzen, weil ich die Differenzen der ersten Herstellung der verschiedenen Systeme für unbedeutend erachte und den ausschlaggebenden Factor in der Construction suche, hauptsächlich in dem, wie oft hiedurch die Verwendung eines und desselben Bölzungsmateriales ermöglicht wird.

Bei dem neuen Systeme ist nun durch die Zweitheilung der Zimmerung ermöglicht, sehr schwache Verzugsbretter zu vermauern und die Umfangszimmerung nur durch die Lösung der Keile und Schrauben ohne einen einzigen Axtstreich wiederzugewinnen; und ebenso werden durch die Zweitheilung der Verstärkung die inneren Unter- und Aufzüge sammt Spreizen von jeder Verstückelung bewahrt und können, sowie die Haupttragsäulen, Schwellen und Lehrbögen, ohne je geschnitten zu werden, mittelst Keilen und durch Schrauben lösbar bis zum Schlusse des Baues oder deren Schadhaftwerden verbleiben.

Ein System kann jedoch trotz aller Vorzüge nur die richtige Inanspruchnahme und die leichte ohne Verschnitt zu erfolgende Wiedergewinnung der Einbauhölzer ermöglichen, für die wie oftmalige Verwendung derselben aber weiter nicht maassgebend sein, denn die diesbezüglichen bestimmenden Factoren sind die Intensität des Gebirgsdruckes und die Qualität des Einbauholzes.

Nehmen wir beispielsweise verschiedene, ein-, fünf-, zehn-, zwanzigmale Verwendung des Einbauholzes an, um doch mit dem üblichen Holz- und Eisenverbrauche einen annähernden Vergleich ersichtlich machen zu können; denn die erste Bedingung der Lebensfähigkeit eines Systemes ist die relative Billigkeit desselben, und ein Jeder, der es anwenden will, möchte zu allererst die Kosten desselben kennen lernen.

Als Grundlage nehme ich die auf den ausgehöhlten Raum entfallende Einbauholzmasse in Procenten, wonach das Lehrbogen-Bockgestelle-System beansprucht:

für die erste Aufstellung:

	mild von	schwimmend bis
Schnittholz, einzig zu vermauern	2	4%
hartes Holz, mittelst Keil und Schrauben lösbar	6	10%
Rundholz " " " " " "	12	16%
Vollkommen abgebundenes festes		
Gespärre	20	30%
Verstärkung ohne Verschnitt lösbar	10	15%
Verstärktes Gespärre	30	45%
Brustversicherung ohne Verschnitt lösbar, unverändert immer vor Ort verbleibend	20	35%
Gesamtsumme Einbau	50	80%
in Procenten des ausgehöhlten Raumes.		

Um nun bei der Annahme einer mehrmaligen Verwerthung ein richtiges Resultat herauszubekommen, ist das zu vermauernde Schnittholz bei einer jedesmaligen Verwendung nicht procentuell, sondern ganz, der Procentsatz des entsprechenden Verschnittes nicht einfach, sondern doppelt in die Rechnung zu stellen, weil die verbrauchten Stücke fortwährend ersetzt werden müssen und auch das zuletzt aufgestellte Gespärre als vollkommen Ganzes dastehen muss, ohne überhaupt mehr Werth als wie Brennholz zu besitzen; nur dann, wenn die Länge des Vortriebes, d. i. die halbe Distanz zweier Angriffspunkte, eine 100%ige Wiederverwendung überschreitet, ist der Procentsatz des Verschnittes, weil das Ganze schon bezahlt, nunmehr nur einmal zu rechnen.

Holzeinbau in Procenten per ausgehöhlte Raumeinheit in mildem bis schwimmendem Gebirge	bei kurzen		bei langen 200% Verwendung überschreitenden		Eisen per 1 kbm ausge- höhlten Raum	
	Aufbruchsdistanzen					
	mild	schwim- mend	mild	schwim- mend	von	bis
	von	bis	von	bis	von	bis
Normalverbrauch im Allgemeinen (Ržiha II. 212)	%	%	%	%	Pfd.	Pfd.
	13	51	13	51	0.6	1.0
Neues Lehrbogen-Bockgestelle- Bausystem.						
1. Aufstellung, 1mal. Verwendung	50	80	50	80	10	12
bei jeder Aufstellung:						
20% Verschnitt, 5mal. Verwendung	22	36	12	20	2	3
10% " 10 " "	12	20	7	12	1	2
5% " 20 " "	7	13	4.5	8	0.5	1

Hiezu sind jedoch noch die per laufenden Meter Tunnel zu reducirenden Kosten der Vorschiebevorrichtung zu addiren, da ich sie hier in die Rechnung absichtlich nicht einbezogen habe, weil die Vorschiebefähle, den Umständen angemessen, immer so stark einzubauen sind, dass für die ganze Bauzeit nur eine einmalige Herstellung nothwendig sei, für kürzere Distanzen aus mächtigen Balken von hartem, nicht sprödem Holze, für längeren Gebrauch oder bei grossem Drucke aus entsprechend starkem Eisen.

Aus diesem approximativen Vergleiche allein ist schon ersichtlich, dass trotzdem, dass das Gespärre und die Verstärkung des Systemes den Eindruck eines bedeutenden Massenaufwandes von Holz und Eisen, und den Eindruck der grösstmöglichen Stärke des Einbaues hervorbringen, nicht einmal der stärkste Einbau, mit Abzug der jedenfalls sehr oft verwendbaren Brustversicherung und Verstärkung, bei selbst nur einmaliger Verwendung das Mittel der allgemeinen Verbrauchsmasse übersteigt, und je nach der Möglichkeit der öfteren Verwendung sogar den Minimal-Percentsatz erreicht.

Die Ermöglichung einer öfteren Verwendung, die leichte Wiedergewinnung der Einbauhölzer ohne Verschnitt ist aber eben die stärkste Seite, die specielle charakteristische Eigenschaft des neuen Systemes, jedenfalls der wichtigste, sehr günstige Factor in der Preisermittlung des Einbaues. Die unausbleibliche Folge hievon ist die Billigkeit des Systemes, und in dieser Billigkeit besteht eben seine Lebensfähigkeit.

Uebrigens, ich brauche ja nur an das Gefühl der Praktiker zu appelliren: wie die einfachsten Grundregeln der Baumechanik klar beweisen, dass das neue Lehrbogen-Bockgestelle-Bausystem das theoretisch richtigste, das vorzüglichste sei, ebenso genügt dem praktischen Tunnelbau-Ingenieur oder Unternehmer ein Blick, um ihn fast sogleich zu überzeugen, dass das neue System, für die Getriebezimmerung, nicht nur das vorzüglichste und sicherste, sondern auch das einfachste, praktischste, das billigste sei, und zwar nicht etwa darum, als wenn der nach dem Längen- und Querschnitte berechnete cubische Inhalt des Einbauholzes geringer wäre, als bei den anderen Holzbau-Systemen, da dies nur bei dem nicht verstärkten Profile der Fall ist, bei dem verstärkten dagegen, wenn der Druck es verlangt, die übliche Querschnittsmasse sogar doppelt überschritten werden kann, sondern wegen der in den Plänen ersichtlichen oftmaligen Verwendung des Einbauholzes ohne Verschnitt, hauptsächlich aber seiner auf den totalen Herstellungspreis mächtig einwirkenden Vorzüge.

C. Vorzüge des Lehrbogen-Bockgestelle-Holzbau-Systemes.

a) Mit anderen Systemen gemeinschaftliche Vorzüge.

1. Die Vorschiebe-Methode, wodurch die grösste Sicherheit erreicht und den Anforderungen der Getriebezimmerung am vollkommensten entsprochen wird. (Brunel's System.)

2. Verwendung von comprimierter Luft oder anderer Maschinen zum Vorschieben der Pfähle. (Brunel und Nachahmungen.)

3. Der Abbau der Brust, falls nöthig, in Etagen und doch unter dem Schutze einer Getriebezimmerung. (Brunel und deutsches System.)

4. Das sichere Querprofil des Gespärres, starkes Bockgestelle, Sparrenzimmerung beim Abbaue. (Oesterreichisches System.)

5. Die vortheilhafte praktische Umfangszimmerung, die mit den Lagerflächen des auszuführenden Mauerwerkes parallelen definitiven Kronbalken, Streichjoche. (Englisches System.)

6. Das sichere Längenprofil, die in kurzen Distanzen erfolgte Unterstützung der starken Kronbalken-Umfangszimmerung. (Englisches Mittelgestelle-System.)

7. Verwendung der Tunnel-Lehrbögen zugleich zur Tragung der Gebirgslast und zur Mauerung. (Ržiha's System.) Aus der gleichzeitigen Verwendung 4—7 resultirt 8. u. 9.

8. Die richtige Holzverwerthung.

9. Vermeidung jeder Concentration des Gebirgsdruckes.

10. Uebertragung der Gebirgslast auf die Böldzung erst nach vollendeter, unter dem Schutze der Vorschiebpfähle im freien Raume stattfindender, Abbindung derselben. (Brunel's Nachahmung, Maywald-System.) In Folge dessen

11. Gänzlicher Wegfall einer jeden verlorenen provisorischen Zimmerung und Unterfangungsarbeit. In Folge von 10 und 11 resultirt

12. Entfällt die Nothwendigkeit, eine Ueberhöhung geben zu müssen. Die Vorschiebpfähle werden rückwärts etwas tiefer liegen als vorne, werden daher fortwährend mit einer gewissen kleinen, von dem Drucke selbst geschaffenen Steigung vorgeschoben. In Folge von 10, 11 und 12 resultirt

13. Verhüten jeder Gebirgsbewegung.

14. In Vorhinein Einziehen des Sohlengewölbes. (Englisches System und Brunel.)

15. Entfällt jede Auswechslungsarbeit. (Englisches System.)

16. Fortwährendes Abspreizen des Mauerwerkes. (Oesterreichisches System.)

17. Auffangen der Lehrbögen nach Aufführung der Widerlager auf das Sohlengewölbe. (Englisches System.)

18. Sohlenstollenbetrieb, schwunghafte Massenförderung.

Das Bockgestelle, im freien Raume aufgestellt, erlaubt jede für die grössten Waggonen nöthige lichte Höhe und Weite des Sohlen-Förderstollens, dessen beanspruchter Querschnitt durch die Verstärkungen ebenfalls nie verstellt wird.

19. Leichte und billige Bewerkstellung der Wasserhaltung und der Ventilation.

b) Eigene Vorzüge des neuen Systemes.

Durch die gleichzeitige Anwendung des Lehrbogens und des Bockgestelles zum Tragen der Gebirgslast und zur Aufführung des Mauerwerkes, — durch diesen charakteristischen Hauptvortheil des Systemes kann die Zweitheilung der Böldzung und die Zweitheilung der Verstärkung erfolgen.

1. Durch die Zweitheilung der Böldzung können folgende Vorthteile erzielt werden:

- a) für den Abbau beliebig mächtige Langpfähle, Balken, sogar beim Holzbau-Systeme starke Eisenpfähle anzuwenden, und doch
- b) schwache Querpfähle (Verzugsbretter) zu vermauern, und zwar auch beim grössten Drucke;
- c) englische Kronbalken-Umfangszimmerung als definitiven Einbau zu verwenden, trotz des Abbaues mit Langpfählen, und
- d) trotz der englischen Kronbalken-Umfangszimmerung ein starkes Lehrbogen-Bockgestelle als Hauptträger aus kurzen Einbauhölzern im vollkommen freien, mit Sicherheit geschützten Raume aufzustellen, vor der Aufnahme der Gebirgslast zu einem festen Ganzen, zu einem grossen Gespärre zu verbinden.

2. Durch die Zweitheilung der Verstärkung wird erreicht:

- a) die möglichste Leichthaltung der Bölung, ohne eine nachträglich vielleicht nothwendig werdende Verstärkung auszuschliessen;
- b) die möglichst kräftige Verstärkung, ohne die Massenförderung und die bequeme Mauerung im Mindesten zu behindern;
- c) die partielle oder gänzliche Verstärkung wann und wo immer ausführen zu können;
- d) die Lösung der Umfangersverstärkung vorzunehmen, die das Mauern bedingt, ohne die Spannung der inneren Verstärkung zu ändern;
- e) die Einbringung und die Wiedergewinnung sämtlicher Einbauhölzer ohne Verschnitt, Lösung mittelst Keile und Schrauben;
- f) beliebige Länge und Handhabung der grossen Verstärkungshölzer in der inneren Lichte der Mauerung;
- g) leichte Auswechslung der verdrückten Lehrbögen vor der Aufmauerung des Firstgewölbes;
- h) Erleichterung und Sicherheit der Nachminirung im Falle grösserer Senkung oder auch Verschiebung, da die äussere Umfangszimmerung aus kurzen leichten Stücken besteht und mittelst Keilen und Schrauben leicht lösbar ist, und weil bei dem Lösen der niedergedrückten Kronbalken die innere Bölung und Verstärkung, unberührt verbleibend, nicht aus der Spannung kommt.

3. Verwendung des Eisens als definitives Befestigungsmittel.

Durch die Zugbänder, durch den Laschen- und Schraubenverband gelangen die Streben, Bolzen, Unter- und Aufzüge und Keilverbindungen erst zur vollen Geltung, und die Sicherung gegen den Zug gibt dem ganzen Einbaue sowohl im Längen- als im Querprofile eine Starrheit und Sicherheit, wie solche kein anderes Holzbau-System besitzt.

In Folge obiger Vortheile werden noch folgende ermöglicht:

4. Die Verwendung von comprimierter Luft oder anderer Vortriebsmaschinen zum Vorschieben beim Abbaue auch bei Erdtunneln und Holzbau-System einzuführen.

5. Die Brust genau in der Verticalebene unter dem Schutze der Vorschiebepfähle, ebenfalls mit Vorschiebepfählen und mittelst Anwendung von Maschinen abzutreiben.

6. Die Erreichung der richtigen Ausführung eines fortwährend gestützten, grösstmöglich sicheren guten Mauerwerkes. Schonung des frischen Sohlengewölbes bis zum Beginne der Firstgewölbumauerung. Uebertragung der ganzen Gebirgslast auf die Mauerung erst nach dem vollkommenen Schlusse derselben.

7. Die grösste Schnelligkeit des Fortschrittes durch den gleichzeitigen Betrieb des Abbaues, des definitiven Einbaues, der Verstärkung und der Mauerung ohne Auswechslungsarbeit, und zwar je nach dem Gebirgsdrucke in beliebig kleinen oder beliebig grossen Längen, ohne die geringste gegenseitige Störung der einzelnen Arbeitspartien.

8. Die billige Herstellung der Getriebezimmerung des neuen Systemes, leichte Zufuhr der Bestandtheile desselben, hiemit die Zugänglichkeit auch für die kleineren Unternehmungen.

D. Nachteile*) des Lehrbogen-Bockgestelle-Bausystemes.

1. Kein unmittelbarer Verband mit dem Gebirge.

Bei den Holzbau-Methoden können die mächtigen Trag-Brustschweller in das Gebirge nach Belieben eingebühnt werden, wodurch sowohl gegen den Längenschub, als gegen die Senkung der Umfangszimmerung für ein jedes Gespärre das Gebirge selbst als Stütze benützt wird. Das ist nun bei dem neuen Systeme nicht der Fall. Das verlängerte Schwellenstück ist zwar eingebühnt, besteht aber mit der Tragschwelle nicht aus einem Stücke, ist mit derselben — um eine fixe Stellung im Querprofile zu erzielen — nur mittelst Keilen verbunden, kann also nur gegen eine Senkung nothdürftig als Stütze dienen, gegen einen Längenschub jedoch gar nicht wirken.

Ich glaube, dass die Einbühnung der Tragschwelle selbst von keinem grossen Vortheile ist; denn die ganze Wirkung hängt rein von dem passiven Erddrucke, von dem Widerstande des Erdreiches ab, welches eben in jenen Fällen keinen besitzt, wo derselbe am meisten in Anspruch genommen wird.

Um jedoch die Umfangszimmerung gegen eine Senkung nicht nur allein nothdürftig zu sichern, ist bei der Verstärkung darauf Rücksicht genommen, dass dieses ein-

*) Durch manche nach dem Vortrage erfolgte Bemerkungen veranlasst, nehme ich mir die Freiheit, auch die auffallenden scheinbaren Nachteile des neuen Systemes vorzuführen.

zige Holz der Umfangszimmerung direct von der inneren Verstärkung aus unterfangen werde. Früher wird eine Stützung wohl nicht nothwendig sein, weil das Sichsetzen des untergrabenen Gebirges durch die Einwirkung von Atmosphäre, Wasser, allmähigem Verlust der Cohäsion, je nach der Gebirgsart, erst in einiger Zeit (Tage oder Wochen) erfolgt, zuvor aber auch die Verstärkung schon eingebracht werden soll.

Um auch den Schein eines aus diesem Grunde entspringenden Nachtheiles nicht zuzulassen, brauche ich nur hinzuzufügen, dass derjenige, dem es beliebt, die Schwellen einzubühnen, selbe auch bei dem neuen Systeme in solcher Länge verwenden kann, als hiezu erforderlich ist. An der Stelle der Keilverbindung des neuen Systemes müssen diese jedoch vor der Mauerung jedesmal verschnitten, oder es müssen für sie im Mauerwerke Löcher gelassen werden.

2. Das Auflager der ober der Mitte der Lehrbögen zusammenstossenden, zuerst eingebrachten Kronbalken ist zu gering, überhaupt bieten die kurz verschnittenen Kronbalken keine genügende Sicherheit, weil der durch dieselben gesteckte Bolzen der Laschenverbindung einbeisst, hiedurch der Verband gelockert wird und nachgibt, und der Kronbalkenstoss ober den Tragstempeln oder vielleicht mit denselben gabelartig auseinander gezogen wird.

Wenn der Eingriff von 15^{cm} bei einer Breite von 30^{cm} für die Kronbalken zu wenig ist, was bei schlechter Holzgattung wahrscheinlich, dann kann man ja, ohne ausser der Tragschwelle irgend einen anderen Bestandtheil des Systemes zu ändern, die Bohlen-Lehrbögen statt 30, ganz ungehindert 40, 50, 60^{cm} dick construiren und entsprechend dicke Stempel verwenden.

Weil auf demselben Lehrbogen auch Sparren noch Platz haben müssen, so sind die ersten Kronbalken in den Ixen nicht anders möglich, als wie mit einem Stosse in der Lehrbogenmitte, schnell und leicht anzubringen. Die später nach Entfernen der Sparren eingebrachten Kronbalken überbinden sich ja, und können auch mit mächtigen Stempeln versehen werden, über welche das Ende derselben noch hinausragen kann.

Wenn übrigens Jemand durchaus darauf besteht, dass die Kronbalken, welche mehrere Gestelle überbinden, aus langen Stücken bestehen sollen, der möge die kurzen Stücke nur als verlorene Zimmerung betrachten, denn man kann an deren Stelle die langen Kronbalken als definitive Zimmerung noch vor Eintritt des Druckes einbauen. — Sogar diese Arbeit wird noch immer leichter und, weil systematisch, viel sicherer und billiger sein, als die sonst üblichen verlorenen Zimmerungen. (Das Uebergreifen muss sich aber in allen Fällen, wegen der im Vorhinein eingebauten Lehrbögen, auf 3 Gespärre beschränken, welche jedoch abwechselnd auch überbunden werden können.)

Die Verbindungslaschen sind derart construirt, dass sie die Kronbalken mit Ohrbolzen festpressen, trotzdem als Pressschrauben wie als Längenverband-Zugbänder nach Bedarf angezogen werden können.

3. Der Lehrbogen, der Vermittler des Gesamtdruckes, ist zu schwach und wird wahrscheinlich oft durch neue ersetzt werden müssen, was, da die Bohlen mit Nietnägeln verbunden und nur an dem Verbande der Lehrbogentheile mit Schrauben versehen sind, wegen der schwierigen Rückgewinnung des Eisens sehr umständlich ist und bedeutende Kosten verursachen wird.

Wenn sich der Bohlen-Lehrbogen mit der gezeichneten Stärke von 30^{cm} trotz 40—50^{cm} Breite, aus gutem harten, jedoch nicht zu sprödem Holze, als überhaupt zu schwach erweisen sollte, dann nimmt man, ohne das System im Geringsten ändern zu müssen, dem Drucke entsprechende dicke Lehrbögen und Tragschwellen; falls aber der Druck nur local ist, dann stellt man neben dem nicht Stand haltenden Bogen rechts und links noch je einen Hilfs-Lehrbogen auf, was auf den Unterzügen mit der grössten Leichtigkeit und Sicherheit geschehen kann.

Man könnte mir einwenden, „warum ich zu den Lehrbögen, auf welche die ganze Gebirgslast übertragen wird, nicht das tragfähigste Material, das Eisen verwende?“

Einfach darum nicht, weil dann das ganze Holzbau-System aufhören würde, Holzbau-System zu sein. Ein eiserner Lehrbogen würde die Construction eines solidarischen Eisen-Systemes erfordern, weil bei einem eisernen Lehrbogen sämtliche mittelst Holz erzielten Verstärkungen, Unterstützungen zu Nichte werden würden.

Holz ist mit Eisen zum gemeinschaftlichen Tragen durchaus nicht combinirbar, da die Elasticität des einen Materiales dort schon längst aufhört, wo jene des anderen noch lange nicht in Anspruch genommen wird. — Diese Thatsache spricht nicht gegen die Verwendung eiserner Vorschiebpfähle und Zugbänder, Laschen, Schrauben, denn da ist das Eisen für sich allein in Anspruch genommen.

Einen durchwegs mittelst Schrauben hergestellten Verband der einzelnen Bohlen der Lehrbögen halte ich für überflüssig, denn das Anziehen derselben ist nie nothwendig, weil das Holz im Tunnel gewöhnlich nicht zusammenschrumpfen, sondern aufschwellen wird; ich habe auch aus dieser Ursache nur an den zwei Verbindungsstellen der Lehrbögenbestandtheile, welche bei einer jedesmaligen Verwendung zu lösen sind, Schraubenverband angebracht, für die Verbindung der einzelnen Bohlen zu einem Lehrbogen jedoch nur Nietnägeln angewendet, die ich für zweckmässiger halte, weil sie weniger Material beanspruchen, schneller, mit gröberer Arbeitskraft und billiger erzeugt werden können als Schrauben, und doch einen ebenso innigen Verband herstellen. Das Lösen derselben geschieht einfach durch das Verbrennen der unbrauchbar gewordenen Bohlenbögen. Die Nietköpfe werden an einem Ende der Nägel gestreckt und werden bei der Verwendung bei einem frischen Bohlenbogen wieder an-

genietet. Uebrigens kann nach Wunsch statt mit Nietnägeln der ganze Lehrbogen durchaus mit Schrauben versehen werden.

4. Die Lehrbögen, zugleich als Träger der Gebirgslast, nehmen Antheil an den Verschiebungen der Bölzung, sie können durch die Gebirgsbewegung bis zur Zeit der Mauerung sich derart senken oder so deformirt werden, dass man das Mauerwerk darauf nicht mehr aufführen kann, ja es ist sogar möglich, dass die innere Lichte des Mauerwerkes wegen der in dieselben hineingedrückten Lehrbögen nicht mehr eingehalten werden kann.

Ich glaube jeder Senkung oder Verschiebung, welche während der Mauerung erfolgen könnte, durch das im Capitel „Mauerung“ erwähnte Abfangen der Lehrbögen auf das Sohlengewölbe vorgebeugt zu haben; gegen früher stattgefundenen Druckerscheinungen ist jedoch nur folgendermaassen abzuhelpen:

Erfolgt nur eine Senkung und keine seitliche Verschiebung, dann kann man durch die Unterpolsterung der Schalllatten leicht und sicher abhelfen, denn die Lehrbögen werden sich nach dem erfolgten Abfangen auf das Sohlengewölbe während der Wölbung nicht mehr senken können.

Um bei einer seitlichen Verschiebung und vielleicht auch gleichzeitigen Senkung das Mauerwerk bis zur Höhe der Tragschwelle ausführen zu können, kann man einerseits durch die gänzliche Wegnahme und andererseits durch die Aufpolsterung des Widerlager-Lehrbogentheiles ebenfalls leicht abhelfen; um aber die Gewölbsmauerung herstellen zu können, müssen neben einem jeden verdrückten Lehrbogen je zwei Hilfslehrbögen gestellt, der Gebirgsdruck auf dieselben abgefangen werden, und der verdrückte Lehrbogen muss durch einen neuen, in die richtige Lage versetzten, ausgewechselt werden. Die Hilfsbögen können dann nach dem Uebertragen des Gebirgsdruckes auf den neueingesetzten Lehrbogen entfernt, beim grossen Drucke nach Bedarf auch beibehalten werden.

Diese vortheilhafte, leichte und sichere Lehrbogenauswechslung ist nur durch die gleichzeitige Anwendung des Lehrbogens und Bockgestelles, durch die Unterzüge ermöglicht.

5. Der massenhafte Aufwand des theueren Eisenmaterials als definitives Befestigungsmittel.

Nur die Lehrbogenzugbänder und Kronbalken-Verbandlaschen sind — ausser dem auch bei anderen Holzbau-Systemen üblichen Schraubenverband der Tragschwellenstösse und Lehrbogenbestandtheile — solche unentbehrliche Befestigungsmittel, die das System bedingt, und die in jedem Falle immer beigelegt werden müssen. Sämmtliche andere Eisenbefestigungen können bei einem ruhigen Gebirge, wo kein Schub zu Tage tritt, ohne Nachtheil wegleiben. Uebrigens kann auch bei einem grossen Drucke und Schube derjenige, dem die Nothwendigkeit der definitiven Eisenbefestigung trotz meines Vortrages nicht einleuchtet, sie gänzlich weglassen, und statt derselben, wie bei den anderen Systemen üblich, Klammern verwenden, muss sich aber in Folge dessen natürlich auch mit der geringeren Starrheit seines Einbaues begnügen.

6. Der wegen der einzuhaltenden Dimensionen theuere Quaderaufwand beim Sohlengewölbe.

Die Schichten können mit Berücksichtigung des Uebergreifens und Aussparens der Löcher sonst beliebig gewählt werden. Das Schliessen der Löcher, deren Ausmaasse immer gleich bleiben, kann nach Belieben in 2 oder 3 Schichten erfolgen. Der ganze Quaderaufwand ist gegen die aus der nachträglichen Herstellung des Sohlengewölbes oft entstandenen Kosten gar nicht erwähnenswerth.

Schlusswort.

Ich erlaube mir zum Schlusse hervorzuheben, dass ich durchaus nicht behaupte, dass meine Ansichten und Schlussfolgerungen sämmtlich zweifellos richtig wären; ich habe nur getrachtet, das hervorzuheben, was der Praktiker in der Ausführung von der Theorie erbitten, ja verlangen muss.

Ich habe durch meinen Vortrag hauptsächlich diejenigen Herren Mitglieder, die sich mit der Theorie beschäftigen, zu der richtigen Lösung der theoretischen Begründung der praktischen Tunnelbaukunst auffordern wollen. Ich bitte Sie auch, die von mir nicht richtig aufgefassten Fragen berichtigen und die neue Lehrbogen-Bockgestelle-Holzbau-Methode für Getriebe-Zimmerung im Interesse der Tunnelbaukunst der schärfsten Kritik unterziehen zu wollen *).

*) Der nichtflüssige Styl möge durch meine Nationalität entschuldigt werden.

Construction der Druckcurve

für einen doppelgleisigen Tunnel nach dem Normale des kön. ung. Communications-Ministeriums. Profil V. Schlus = 1.00m, Widerlager 1.20m, bei der Annahme, dass die Mittellinie des Druckes durch den äussersten Punkt des Widerlagerfundamentes B und der die Kräfte in Gleichgewicht haltende Horizontalschub durch den obersten Punkt der Scheitelfuge A gehe.

1. Berechnung der Kräfte.

Kilogramm Belastung per <input type="checkbox"/> cm	Verticaler Druck										Seitendruck bei einem Reibungs-Coëfficienten $f = \frac{1}{3}$, $\Delta\varphi = 30^\circ$										Hydrostatischer Seitendruck										Kilogramm Belastung per <input type="checkbox"/> cm	
	Nr. der Fuge	einzel					Summe			Nr. der Fuge	einzel					Summe			Nr. der Fuge	einzel					Summe							
		Breite	Höhe	Fläche	Hebel-arm	Mo-moment	Kraft	Mo-moment	Hebel-arm		äußere Bogenhöhe	Druckhöhe	Pro-duct	Reibungs-Coëfficient	Kraft	Hebel-arm	Mo-moment	Kraft		Mo-moment	Hebel-arm	äußere Bogenhöhe	Druckhöhe	Kraft	Hebel-arm	Mo-moment	Kraft	Mo-moment	Hebel-arm			
1*)	I	2.00	1.00	2.00	1.00	2.00	10.60	11.04	10.60	11.04	1.04	I	0.46	4.00	1.84	$\frac{1}{3}$	0.61	0.23	0.14	0.61	0.14	0.23	I	0.46	4.07	1.87	0.30	0.56	1.87	0.56	0.30	1
	II	2.10	4.10	8.61	1.05	9.04	11.40	34.86	22.00	45.90	2.10	II	1.60	4.25	6.80	$\frac{1}{3}$	2.27	1.26	2.86	2.88	3.00	1.04	II	1.60	5.00	8.00	1.52	12.16	9.87	12.72	1.28	
	III	2.30	1.05	2.42	2.90	7.02	10.30	47.61	32.30	93.51	2.90	III	3.04	5.90	17.93	$\frac{1}{3}$	5.97	3.58	21.40	8.85	24.40	2.75	III	3.04	6.40	19.46	4.08	79.40	29.33	92.12	3.14	
	IV	2.60	0.35	0.90	4.95	4.45	5.22	23.50	37.52	117.01	3.12	IV	3.70	9.25	34.23	$\frac{1}{3}$	11.41	6.95	77.30	20.26	101.70	5.02	IV	3.70	9.90	36.63	7.56	276.70	65.96	368.82	5.58	
	Control-Summe						37.52	117.01				Control-Summe					20.26		101.70				Control-Summe					65.96		368.82		
u. s. w. für 2, 3, 4, 5, 6, 7 Kilogramm Belastung.																																
8	I						69.40	72.78	69.40	72.78	1.05	I				$\frac{1}{3}$	4.62	0.22	1.08	4.62	1.08	0.22	I					4.02	14.16	4.02	0.29	8
	II						67.70	209.36	137.10	282.14	2.06	II				$\frac{1}{3}$	17.06	1.22	20.82	21.68	21.90	1.00	II					76.34	65.73	80.36	1.22	
	III						44.74	208.72	181.84	490.86	2.70	III				$\frac{1}{3}$	35.99	3.55	127.76	57.67	149.66	2.60	III					444.48	175.38	524.84	2.99	
	IV						5.22	23.50	187.06	514.36	2.75	IV				$\frac{1}{3}$	47.10	6.95	327.37	104.77	477.03	4.54	IV					1044.72	319.13	1569.56	4.95	
	Control-Summe						187.06	514.36				Control-Summe					104.77		477.03				Control-Summe					319.13		1569.56		
*) per <input type="checkbox"/> cm 1 kg Belastung.																																

*) per 1 cm 1^{kg} Belastung = circa 1 Atmosphäre Ueberdruck = circa 4m eingebildete Steinsäulenhöhe, somit 8kg per 1 cm = 32m Steinsäulenhöhe.

2. Berechnung des Horizontalschubes Q .

Kilogramm Belastung per 1 cm	Coordinationen, Schwerpunkt-Distanz, Hebelarm										Kräfte			Horizontalschub Q			Erklärung der Zeichen		
	x	p	$x-p=v$	y	t	$y-t=c$	d	$y-d=h$	q	$y-q=b$	P	T	D	V	C	H			
1	5.30	3.12	2.18	8.80	5.02	3.78	5.58	3.22	0	8.8	37.52	20.26	65.96	9.29	17.99	33.42	<div data-bbox="1223 1066 1834 1520"> </div> <p> $\Delta X, \Delta Y$ = Coordinationen-Achse, x, y = Coordinationen des Drehpunktes B, P, T, D = Kräfte bei verticalem, bei $\frac{1}{3}$ Reib-Coëfficient und bei hydrostatischem Drucke, V, C, H = die entsprechenden Horizontalschübe, p, t, d = Schwerpunkt - Distanzen von der Coordination-Achse, v, c, h = die entsprechenden Hebelarme. </p>		
2	5.30	2.95	2.35	8.80	4.85	3.95	5.38	3.42	0	8.8	59.40	33.41	104.62	15.86	30.86	56.52			
3	5.30	2.87	2.43	8.80	4.74	4.06	5.26	3.54	0	8.8	80.94	45.83	141.72	22.35	43.50	79.36			
4	5.30	2.84	2.46	8.80	4.67	4.13	5.17	3.63	0	8.8	102.26	57.95	178.33	28.59	55.79	102.36			
5	5.30	2.80	2.50	8.80	4.62	4.18	5.08	3.72	0	8.8	123.46	69.68	213.53	35.08	68.18	125.33			
6	5.30	2.77	2.53	8.80	4.58	4.22	5.01	3.79	0	8.8	144.46	81.41	248.73	41.53	80.57	148.66			
7	5.30	2.76	2.54	8.80	4.56	4.24	4.97	3.83	0	8.8	165.86	93.14	283.93	47.87	92.64	171.45			
8	5.30	2.75	2.55	8.80	4.54	4.26	4.95	3.85	0	8.8	187.06	104.77	319.13	54.20	105.03	193.85			

Für eine jede der verschiedenen Annahmen sind zur Construction der Druckcurven (Mittel-, Minimal-, Maximal- etc.) je neue Tabellen zu berechnen.

Tragfähigkeit der Verzugsbretter

bei Annahme einer horizontalen Lage, einer gleichmässigen Belastung und einer an beiden Enden stattfindenden Unterstützung derselben.

$$P = 8 \cdot \frac{T^v}{l} \cdot \frac{b h^2}{6} \quad T^v = 75^{\text{kg}}$$

$$= 100 \cdot \frac{b h^2}{l};$$

es ist aber auch $P = n b l$, wobei n = Belastung in Kilogramm per \square^{cm} ; somit steht die Momentengleichung

$$n b l = 100 \cdot \frac{b h^2}{l},$$

hieraus

$$l = \frac{10 \cdot h}{\sqrt{n}};$$

d. h. die Länge für eine sichere Inanspruchnahme der Holzpfähle auf Biegung ist von ihrer Breite unabhängig und gleich der zehnfachen Stärke derselben, dividirt durch die Quadratwurzel der Belastung pro Flächeneinheit.

Brettstärke h		Kilogramm Belastung pro \square^{cm}					
		0.25	0.50	1	2	4	6
		tragfähige Länge					
Zoll	Ctm.	20h	14h	10h	7h	5h	4h
1	2.6	52	36	26	18	13	10
1 1/2	4.0	80	56	40	28	20	16
2	5.3	106	75	53	37	26	21
2 1/2	6.6	132	93	66	46	33	26
3	8.0	160	113	80	56	40	32
4	10.5	210	148	105	74	53	42
6	15.8	316	223	158	111	79	63

Centimeter

Grenze der praktischen Anwendung, woraus ersichtlich ist, dass schon bei $n = 2^{\text{kg}}$ Belastung per \square^{cm} und 56^{cm} Unterstützungs-Distanz 3zöllige (8^{cm}) Bohlen notwendig sind; 2zöllige (5^{cm}) Bohlen vermögen bei derselben Distanz nur 1^{kg} mit Sicherheit zu tragen.

Die erforderlichen Durchmesser der Rundhölzer

bei Annahme einer horizontalen Lage, einer gleichmässigen Belastung und einer an beiden Enden stattfindenden Unterstützung derselben (Kronbalkenstärken).

$$P = 8 \cdot \frac{T^v}{l} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot r^3$$

$$= 2 T^v \cdot \pi \cdot \frac{r^3}{l} \quad T^v = 75$$

$$P = 470 \frac{r^3}{l};$$

es ist aber auch

$$P = n \cdot L \cdot l,$$

mithin steht die Momentengleichung

$$n \cdot L \cdot l = 470 \frac{r^3}{l}$$

$$r = \sqrt[3]{\frac{L \cdot n \cdot l^2}{470}} = \frac{\sqrt[3]{L \cdot n \cdot l^2}}{7.77}$$

$$d = 2r$$

$$d = 0.252 \sqrt[3]{L \cdot n \cdot l^2}$$

Unterstützungs- Distanz <i>l</i>	<i>L</i> = Distanz der Kronbalken von einander																							
	50						75						100						150					
	<i>n</i> = Kilogramm Belastung per □ ^{cm}																							
	0.25	0.50	1	2	4	6	0.25	0.50	1	2	4	6	0.25	0.50	1	2	4	6	0.25	0.50	1	2	4	6
	<i>d</i> = erforderliche Stärke = Kronbalken-Durchmesser in Centimetern																							
100	13	16	20	25	32	37	14	19	23	29	37	42	16	20	25	32	41	47	18	23	29	37	47	53
125	15	18	23	29	37	43	17	21	27	35	43	49	18	23	29	37	47	54	21	27	35	43	54	62
150	17	21	27	33	42	49	19	24	31	38	49	55	21	27	33	42	53	61	24	31	38	49	61	70
200	20	25	32	41	51	59	20	29	37	47	59	67	25	32	41	51	65	74	29	37	47	59	74	85
300	27	33	42	53	67	76	30	39	49	61	77	88	33	42	53	67	85	97	39	49	61	77	97	111
400	32	41	51	65	81	93	37	47	59	74	93	107	41	51	65	81	102	117	47	59	74	93	117	135
500	37	47	60	75	95	108	43	54	68	86	109	124	47	60	75	95	119	137	54	68	86	109	136	156
600	42	53	67	85	107	123	49	61	77	97	123	140	53	67	85	107	135	154	61	77	97	123	154	176

Grenze der praktischen Anwendung.

Bestimmung der Oeffnungszahl eiserner Brücken.

Von
Heinrich Böhm,
 Ingenieur.

Im 5. Heft des „Civil-Ingenieurs“ vom Jahrgang 1867 habe ich zur generellen Bestimmung der vortheilhaftesten Oeffnungszahl eingelegiger eiserner Bahnbrücken eine Formel angegeben, welche unter der Voraussetzung, dass der Centner Brücken-Construction 15 fl. kostet, die äusserst einfache Gestalt:

$$n = \frac{2L}{\sqrt{P}} \dots\dots\dots 1)$$

annahm, wobei L die ganze zu überbrückende Lichtweite in Metern, P die Kosten eines Pfeilers in Gulden und n die Anzahl der Oeffnungen bezeichnet.

Diese Formel, die wegen ihrer Einfachheit seither von vielen, insbesondere von deutschen Fachgenossen gerne benutzt wurde, die auch in manche Tracirungs-Instructionen übergang, leidet gleichwohl an einem nicht unwesentlichen Gebrechen. Die Grundlage derselben bildet nämlich die bekannte Angabe, dass das Gewicht p pro laufenden Meter lichter Oeffnung eingelegiger Brücken-Construction von der Lichtweite l Meter gleich ist $(8.0 + 0.6.l)$ Centner; eine Angabe, welche Schwedler im Jahre 1865 als Referent der vom Vereine deutscher Eisenbahn-Verwaltungen aufgestellten Frage: „Welches sind die bisher durch die Praxis und fortschreitende Theorie gewonnenen wichtigsten Resultate über eiserne Brücken“, aus einer grossen Anzahl unter den verschiedensten Annahmen und nach den verschiedensten Constructions-Systemen ausgeführter Eisenbrücken ableitet, welche aber bekanntlich für grössere Lichtweiten, für 70, 80 Meter und darüber, zu kleine Resultate ergibt. Aus diesem Grunde ergibt auch unsere Formel in allen Fällen, wo die Pfeilerkosten derartig weite Oeffnungen bedingen, zu geringe Werthe. Dieser Unzulänglichkeit konnte seither wegen Mangel an Gewichtsformeln, welche auch bei grösseren Lichtweiten empfindlich genug waren, nicht abgeholfen werden.

Im XI. und XII. Heft Jahrgang 1874 dieser Zeitschrift stellte nun G. Müller eine Gewichtsformel auf, welche namentlich für grössere Spannweiten eine auffallende Uebereinstimmung mit ausgeführten Brücken zeigt, welche also der gestellten Anforderung vollkommen entspricht; diese Formel, die

$$g = 13.6 + 0.24.l + 0.0044 l^2 \text{ Centner}$$

lautet, wobei wieder g das Gewicht pro laufenden Meter Brücken-Construction und l die Stützweite bezeichnet, ist zwar eine Specialformel, d. h. sie ist aus einer Reihe ganz gleichartiger Constructions, bei denen sich nur die Stützweite ändert, abgeleitet; sie trifft also nur für ein ganz specielles Constructions-System, nur für ganz specielle Annahmen und Constructions-Umstände, die dort näher angegeben sind, zu; sie kann aber mit um so grösserer Beruhigung zu unseren Untersuchungen verwendet werden, als eine allenfallsige Aenderung in diesen Voraussetzungen niemals so

grossen Einfluss üben kann, um eine Aenderung in der Oeffnungszahl hervorzubringen.

Unsere Aufgabe ist nun: die Anzahl n der Oeffnungen einer eisernen, die Gesammtlichtweite L überspannenden Brücke so zu bestimmen, dass die Baukosten derselben ein Minimum werden.

Die Gesamtbaukosten setzen sich zusammen aus den Kosten für die beiden Widerlager W , für die Pfeiler und für das Eisenwerk. Die Kosten eines Pfeilers nehmen wir schätzungsweise mit P Gulden an. Gestatten Sie mir, mich hier gegen einen von der Kritik gegen diese Annahme gemachten Einwand zu wenden. In einer ausführlicheren Besprechung meiner Abhandlung „Massive Brücken mit dem Baukosten-Minimum“ äussert sich nämlich Herr Prof. Baumeister in der „Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure“ Band XIII, Heft 11, folgendermaassen:

„Einfache Formeln für den Kostenaufwand der Pfeiler, welcher nun auch in Frage kommt, hat der Verfasser nicht verwenden wollen, weil diese im Allgemeinen nicht nach statischen Regeln entworfen werden. Doch wird die Pfeilerdicke ausgeführter Brücken immerhin ungefähr der Formel $\alpha + \beta l$ entsprechen, und es wäre zu empfehlen gewesen, zu diesem Zwecke auch die Regeln der Aesthetik consequent in Zahlen zu fassen, um den Pfeileraufwand als Function der Spannweite auszudrücken.“

So richtig gewiss diese Bemerkung dieses geistreichen Fachgelehrten an und für sich ist, so können wir gleichwohl auch hier nicht darauf eingehen. Wie nämlich ein Blick auf die am Schlusse angeführte Tabelle lehrt, erhält man, so lange in dem dort gerechneten Beispiele die Pfeilerkosten sich z. B. zwischen 16.500 und 23.500 fl. bewegen, immer 9 Oeffnungen, so lange sie sich zwischen 45.500 und 73.000 fl. bewegen, immer 6 Oeffnungen, so lange sie sich endlich zwischen 129.500 und 272.000 fl. bewegen, immer 4 Oeffnungen; es sind dies aber Differenzen, welche die genaue Einführung der Pfeilerkosten als eine ziemlich überflüssige Complication erscheinen lassen, und welche beweisen, dass selbst eine rohe Schätzung nicht leicht fehl gehen kann.

Bleiben wir also dabei und schätzen wir die Kosten eines Pfeilers mit P Gulden, so sind die Gesamt-Baukosten:

$$k = W + (n - 1)P + L \left[13.6 + 0.24 \cdot \frac{L}{n} + 0.0044 \frac{L^2}{n^2} \right] \cdot 15,$$

wenn nämlich die Brücken-Construction pro Centner 15 fl. kostet; differentiirt man diesen Ausdruck nach n , so erhält man:

$$\frac{dk}{dn} = P - 3.6 \frac{L^2}{n^2} - \frac{L^2}{n^3} \cdot 0.132 \dots\dots\dots 2)$$

und setzt man diesen Ausdruck $= 0$, so ergibt dies die Gleichung:

$$n^3 - 3.6 \frac{L^2}{P} \cdot n - 0.132 \frac{L^3}{P} = 0, \dots\dots\dots 3)$$

aus der sich n jeder Zeit leicht finden lässt.

Dass der hieraus hervorgehende Werth wirklich einem Minimum der Baukosten entspricht, zeigt die zweite Dif-

ferenciation von k nach n , welche stets positiv bleibt, so lange man für n einen reellen positiven Werth einsetzt.

Setzt man in die letzte Gleichung bei gegebener Lichtweite für n nach und nach die Werthe 2, 3, 4 etc. und sucht daraus jedesmal P , so findet man, wie viel ein Pfeiler kosten müsste, wenn die angenommene Oeffnungszahl gerechtfertigt sein soll.

In der folgenden Tabelle habe ich für eine Gesamtlichtweite von 400^m die für verschiedene Oeffnungszahlen resultirenden Pfeilerkosten gerechnet und mit den entsprechenden Werthen aus der früheren Formel verglichen.

Ist die Gesamtlichtweite 400 ^m , so erhält man Oeffnungen:	wenn ein Pfeiler Gulden kostet, u. z. nach der Gewichtsformel von	
	Schwedler	G. Müller
2	380.000	1.203.000
3	160.000	377.000
4	90.000	168.000
5	58.000	91.000
6	40.000	55.000
7	31.000	36.000
8	23.000	25.000
9	18.000	19.000
10	14.400	14.200
12	10.000	8.900

Man erkennt hieraus, dass man für höhere Pfeilerkosten als circa 30.000 fl. nach der neueren Gewichtsformel fast genau um eine Oeffnung mehr bekommt als nach der alten.

Bemerkung des Referenten.

Der Formel $g = A + Bl + Cl^2$ für das Eigengewicht einer eisernen Brücke per Längeneinheit ist die Formel

$$g = \frac{A + Bl}{1 - Cl}$$

vorzuziehen, und zwar 1. weil diese Formel eine wissenschaftlichere Form hat, welche eine theoretische Herleitung zulässt (siehe z. B. Winkler's eiserne Brücken, II. Heft, Seite 244, II. Auflage), und 2. weil sie im vorliegenden Falle einfachere Resultate liefert, als die Formel $g = A + Bl + Cl^2$, obwohl beide bis zu einer gewissen Grenze nahezu übereinstimmende Resultate geben können. Unter Anwendung dieser Formel wurde vom Unterzeichneten die zweckmässigste Anzahl der Oeffnungen bereits in den „Mittheilungen des böhmischen Ingenieur-Vereins, Jahrgang 1868“ vorgenommen und wurde daselbst das einfache Resultat erzielt:

$$n = \left[C + \sqrt{(A + B) \frac{P}{P}} \right] L,$$

wenn p die Kosten der Gewichtseinheit des Eisens, P die Kosten eines Mittelpfeilers sind. In der citirten Zeitschrift wurde $A = 0.83$, $B = 0.031$, $C = 0.0032$ (für Tonnen und Meter) angegeben. Indess erhält man hiernach gegen die jetzigen Ausführungen etwas zu grosse Gewichte. Besser setzt man $A = 0.8$, $B = 0.018$, $C = 0.0035$ (für Tonnen und Meter). Hiernach würde

$$n = \left(0.0035 + 0.144 \sqrt{\frac{p}{P}} \right) L.$$

Nimmt man $p = 15$ Gulden pro Centner oder 300 Gulden pro Tonne an, so wird

$$n = \left(0.0035 + \frac{2.5}{\sqrt{P}} \right) L.$$

Hiernach ergibt sich beispielsweise für $L = 400$:

$n = 2 \quad 4 \quad 6 \quad 8 \quad 10 \quad 12$
für $L = 278000 \quad 147000 \quad 47300 \quad 23100 \quad 11200 \quad 8900$ Gulden.
E. Winkler.

Neue Objects-Typen für ökonomische Bahnen.

Vortrag von **Aug. Köstlin**.

(Mit Zeichnungen auf Blatt Nr. 21 und 22.)

Geehrte Versammlung!

Ich habe Ihnen einen kurzen Vortrag angekündigt über neue Objectsformen für ökonomische Bahnen, welche ich als Typen unter anderen Normalien der hohen Regierung vorzulegen im Begriffe stehe, und an deren Genehmigung mir sehr gelegen sein muss, um die mir anvertrauten Industrie-Bahnbauten (Leobersdorf-St. Pölten und Nebenlinien) — nachdem mir schon die Einführung eines permanenten Oberbaues bei denselben durch die Umstände versagt war — wenigstens in so vielen Puncten als möglich aus dem Zwang der herkömmlichen Schablone zu erlösen, unter welcher unsere Eisenbahnbauten nachgerade so capitalfressend und betriebskostspielig geworden sind. Viele Erleichterungen sind allerdings für Bahnen dritten Ranges (1½ Meilen Maximal-Geschwindigkeit) von der Regierung gewährt, man kann sagen so ausgiebig, dass dem speculativen Geiste voller Spielraum geöffnet ist; aber die Bahnen zweiten Ranges — eine solche ist speciell Leobersdorf-St. Pölten (5 Meilen Maximal-Geschwindigkeit) — sind von diesen Erleichterungen doch nur gestreift. Indem ich daran gehe, meine Neuerungen vor Allem dem Urtheile meiner Fachgenossen zu unterstellen, empfinde ich sehr, wie es ein misslich Ding ist, öffentlich zu sprechen über eigene Geisteskinder, und doch ist es so wünschenswerth, das kleine Volk an Licht und Luft der Oeffentlichkeit zu führen, damit sie in dem Ozon der allgemeinen Kritik ihre Erstarkung finden und zu nützlichen Werkzeugen der menschlichen Gesellschaft heranwachsen. Misslich ist es deshalb, weil ein Vater, ein so bescheidener Mann er auch sein mag, immer ein gewisses Faible für seine Kinder hat, weil er also, indem er sie herausführt aus seiner Werkstatt in die offene weite Welt, sicher einem, wenn noch so schwachen Gefühl von Autorstolz verfallen wird, und dann wehe ihm, ist sicher allsogleich der böse Kritikus bereit, nicht sowohl auf die Sache einzugehen, als vielmehr an der in das passende Licht gestellten Selbstgefälligkeit und Aufgeblasenheit des Autors zu beweisen, dass ein bloßer Windbeutel es versuche, längst Gekanntes und Verworfenes mit neuer Sauce aufgewärmt zu bieten.

Nun, ich habe mir's gemerkt, als ich nach meinem letzten hier gehaltenen Vortrag über ein paar in den Wiener Communaldienst eingetretene Kinder (von mir und Battig ausgeführte Brücken) im Berliner Wochenblättchen „Deutsche Bauzeitung“ einen solchen Kritikus gefunden habe

Es handelte sich damals um eine neue Art der Anwendung von Calottenblechen, was man nach dortigem Recept nur mit Anwendung von Calottenblechen überhaupt zu verwechseln braucht, um den Stoff zu Spott und Streit zu haben. Darum beginne ich meine heutige Familienpromenade mit der feierlichen Verwahrung vor jeder Missdeutung meiner Absichten, wie auch meiner väterlichen Empfindungen. Ich bekenne mich aber nicht nur zum Vater dieser meiner heute an die Luft gebrachten Kinder, sondern ich bestreite auch jede fremde Vaterschaft. Insonderheit habe ich noch nie gesehen, dass aus dem Wochenbett der kleinen „Deutschen Bauzeitung“ jemals ein auch nur ähnlich aussehendes Kind hervorgegangen sei.

Unter dieser Verwahrung stelle ich Ihnen meine Kinder vor, hauchen Sie dieselben an mit dem freien Odem Ihrer Kritik und wir werden sehen, ob sie bald auf die Beine kommen werden.

Seit es Eisenbahnen gibt, ist die Zeit an Aufklärung, an Aenderung der Sitten und Lebensgewohnheiten sehr vorgeschritten, das Eisenbahnwesen selbst im Grund genommen wenig. Dass die Locomotiven grösser, schwerer geworden sind, mit zahlreichen Modulationen an dem und jenem, bei Beibehaltung des ursprünglichen, vom Erfinder schon aufgestellten Grundprincips, das ist nebst den auch dem Strassenwesen zugehörigen Neuerungen im Brückenbau (Pfeilergründung und Eisenconstruktionen), nebst dem eigentlich selbständig aufzufassenden Telegraphenwesen und der damit zusammenhängenden Fernzeichengabe fast das Einzige, was man von wesentlichen Fortschritten erwähnen kann. In der Oberbau-Construktion beginnt sich's erst zu regen; man construirt in Deutschland das Geleise allmählig entsprechend solid und dauerhaft nach neuem Systeme ganz aus Eisen, ohne Holz, nach einer Type beiläufig, die im Jahre 1861 von zwei österreichischen Ingenieuren erstmals angeregt war. Das ist bisher noch nicht einmal so allgemein jenseits unserer Grenze der Fall gewesen, dass wir hätten daran denken können, es auch nur bei uns, wo doch seine Geburtsstätte war, schon in's Bürgerrecht aufgenommen zu sehen, geschweige denn noch anderswo. Und so stagnirt leider Vieles! Und die gewöhnlichen sogenannten Kunstbauten aus Stein, oder aus Stein mit Holz- oder Eisenconstruktion, sehen heute noch alle genau so aus, wie sie ausgesehen haben, auch bevor man Eisenbahnen gebaut hat.

Es ist ein eigen Ding um diese Stabilität bei einem so revolutionären Elemente, als welches sich das Eisenbahnwesen bei seinem Auftreten in der Geschichte erwies und als welches es sich heute noch erweist. Nicht dass die Menschen, welche in das ruhelose Getriebe des Eisenbahnwesens als Arbeitskräfte mit hineingezogen werden, nicht thätiger und emsiger wären, als deren Vorfahren, die mit Behagen und Muse ihre Strassen und Brücken bauten, ihre Post- und Frachtwagen expedirten. Nein, die Emsigkeit und Thätigkeit des Eisenbahnmenschen aller Branchen ist sogar geradezu eine aufreibende, die Lebensdauer entschieden kürzende. Was werden nicht, um mich zugleich meinem Thema zu nähern, fortwährend Normalien

entworfen, gezeichnet, autographirt! Jede Bahn stellt ihre eigenen Typen, ihre eigenen Bedingnishefte und Vertragsformularen etc. auf. Aus der Masse des so Producirten dürfte der gewöhnliche, fernerstehende Mensch auf grössere Unterscheidungen in all' diesen Normalien schliessen, als sie bei diesen Hunderten von Bearbeitungen des gleichen Stoffes thatsächlich vorhanden sind; er dürfte auf Fortschritte, Vervollkommnungen, Vereinfachungen schliessen, die aber alle, mit Ausnahme der Eisenconstruktionen, namentlich im Objectsbau thatsächlich nicht bemerkbar sind. Der Eingeweihte weiss, dass das Ergebniss der vielseitigen, oft mit Applomb in Scene gesetzten Bearbeitung gleichzusetzen ist dem einer vielseitigen Copiatur!

Gründe für diese Erscheinung? Nun die gibt es auch. Der eine liegt darin, dass Alles, was Eisenbahnbau betrifft, mit einer — man darf schon sagen — unseeligen Hast und Eile in Scene gesetzt werden muss; der andere darin, dass das neu aufgetretene Element der Eisenconstruktion Gedanken und Speculation derer, die überhaupt zu denken und geistig zu speculiren gewohnt sind, fast ganz auf sich concentrirt hat.

Dies constatirt, werden wir gleichwohl nicht am Fortschritt auch in unserer Branche der steinernen Objecte zu verzweifeln brauchen. Alles entwickelt sich in der Welt, oder wenn man will, in der Geschichte logisch und naturnothwendig, alles schädlich Scheinende corrigirt sich ja von selbst und wirkt in anderer Weise nützlich. Jeder hat das an sich selbst erfahren. Lassen Sie mich, der ich gerade das Wort habe, ein flüchtig Beispiel nur an mir citiren: Vor Zeiten war ich in der Schweiz beim Bau der Nordostbahn beschäftigt, unter einem, nicht im grossen Kreise bekannten, gleichwohl ausserordentlich perfecten Mann, Oberbaurath Beckh, und habe mit besonderer Liebe die vielerlei steinernen Objecte so recht der Oertlichkeit angepasst und nicht nach Typen, die damals Gott sei Dank noch nicht erfunden waren, entworfen. Wenn ich als Neuling, der ich war, nicht aus dem grossen Rahmen der allgemeinen Type solcher Bahnobjecte herausgekommen bin, so habe ich doch eine Vorliebe für den Gegenstand behalten und mich fort mit demselben befasst. Später, wieder in Oesterreich, hatte ich einen hochachtbaren Chef, der ein Matador im Eisenconstructionsfache und indirect dadurch meinen Privatstudien förderlich war, dass entstandene Meinungsdivergenzen constructiver Art mich ihm durch einige Zeit (es wurden Jahre daraus) für seine höhere Thätigkeit unverwendbar haben scheinen lassen. Aus jener längst abgeschlossenen und sonst vergessenen Periode datiren einige Ergebnisse meiner zu Studien verwendeten Muse, die in technischen Kreisen theils schon bekannt sind, theils — eben die durch das Ueberwuchern der Eisenconstruktion vernachlässigte Branche der Steinobjecte betreffend — in meiner heutigen Mittheilung bekannt gegeben werden sollen. Wenn diese nun wirklich meinem Fache von einigem Nutzen werden sollten, dann wäre ich ja so glücklich, in der That durch mein Erlebtes einen kleinen Beleg für die Wahrheit obigen Trostspruches abgegeben zu haben.

Betrachten wir nun die Grundformen der Bahn- und Strassenobjecte.

Eine Dammschüttung wird entweder unterhöhlt oder unterbrochen, um einem Weg oder einem Wasserlauf den Durchgang zu gewähren. Der Einbau muss in beiden Fällen die Dammschüttung derart abstützen, dass der verlangte Durchgangsraum frei erhalten bleibt. Diese letztere Aufgabe fällt speciell dem Steinbau des Objectes zu, den Widerlagern, den Flügelmauern, und wenn es ein überschüttetes Object ist, auch der Steindecke, sei sie aus Platten gebildet oder gewölbt. Das Stützen aufgeschütteter Erde erfordert bekanntlich grössere Mauerstärken als das Stützen gewachsenen Bodens. Das erstere trifft sich aber immer bei unseren Objecten. Die Art des Abstützens war daher Gegenstand unausgesetzter Speculation, um in diesem kostspieligen Stützmauerwerk die höchste Oekonomie zu erzielen. Ich erinnere an die sinnreichen englischen Constructionen mit gegliedertem Mauerwerk, an die Variationen in der Stellung der Flügelmauern. Die Flügel senkrecht zur Bahnachse, also in der Verlängerung des Widerlagers, empfangen geringeren Druck, weil die zufällige Last des Bahnzuges sich nicht dem Erddruck hinzuaddirt. Sie sind aber häufig der Passage, d. i. dem Einlauf der Seitenwege, hinderlich, sie müssen nach der Dammböschung abgerichtet werden, sind daher etwas schwieriger zu arbeiten, sind in der Länge gleich der Ausladung des currenten Dammfusses. Rückspringende Flügelmauern, an welchen sich der Damm aussen kegelförmig abschliesst, die aber zwischen sich Füllung haben, haben vermehrten Druck durch die zufällige Last der Bahnzüge, aber sie können gekürzt werden gemäss der Fügigkeit der steileren Abböschung des Dammkegels in der Richtung der Bahnachse, wodurch derselbe die elliptische Grundform erhält. Dazwischen liegende Stellungen der Flügel sind in allen denkbaren Formen auch schon gemacht worden, meist mit bogenförmigem Grundriss, um dem Körper der Flügelmauer mehr Stabilität zu verleihen, was dann der Fall ist, wenn dieser Mauerkörper die vorausgesetzte Compactheit haben wird. Puncto Cubatur und Kosten des Objectes kommen alle diese Arten so ziemlich auf Eines heraus. Die Widerlager der Objecte unterliegen wieder der Berücksichtigung mehrerer Factoren. Die Widerlager gewölbter Objecte müssen in ihrer Stärke dem Gewölbdruck entsprechen, wie er aus dem Eigendruck sammt Ueberlastung und zufälliger Last sich ergibt. (Den Gegendruck der Dammhinterfüllung in Betracht zu ziehen, ist bei dem mit Trockenheit und Nässe variablen Charakter des Erddruckes nicht thunlich.) Die Widerlager offener, mit Holz- oder Eisenconstruction überbrückter Objecte wären wohl rein nach dem Erddruck zu bemessen, sie müssen aber immer stärker gemacht werden, weil die Hintermauerung hinter den Enden der Holz- oder Eisenträger sich noch auf den Widerlagern aufbaut; und diese Hintermauerung bestimmt mit der für sie als Stützmauer nöthigen Stärke die Hinterflucht und somit die factische Stärke des Widerlagers.

Das hier Aufgeführte ergibt als Generaltypen, welche bis daher in aller Welt befolgt und immer wieder angewendet wurden, die beiden Grundformen A u. B (Tafel 21). In der einen A ist die Dammschüttung im grossen Ganzen in senkrechter Ebene abgeschnitten und durch Widerlager und Flügel abgestützt; in der anderen B ist die Sache complicirter, die Erdschüttung füllt die Bucht zwischen Wider-

lager und Flügel aus und formirt sich ausserhalb der Flügel in freiem Schüttungskegel.

In beiden Typen spielt der Erddruck, wie wir wissen, seine oft heimtückische Rolle, oft zum Schaden und Verderben des Objectes. Wie oft mussten nicht schon bei der Type B Schliessen zum Zusammenhalt der beiden Flügel eingezogen werden, wie oft lagen nicht schon Flügelmauern nach der Type A und ihren Variationen eines schönen Tages eingestürzt da! Meine Speculation nun ging darauf hin, diesem Erddruck ein Schnippchen zu schlagen, das er so sehr verdient, weil er uns zwingt, um vor seiner Tücke sicher zu sein, stärker als sonst wohl nöthig wäre, zu construiren. Ich suchte ihn zu eliminiren. Ich ging dabei von der Type B aus und zunächst von einem offenen Object mit Holz- oder Eisenconstruction und für ein Geleise. Die Füllmasse in der Bucht zwischen Flügeln und Widerlager ist hier das Gefahr bergende Element, so klein sie auch ist. Man hat diese Bucht deshalb auch schon mit Steinsatz ausgefüllt. Wo das nicht mit Mehrkosten verknüpft, d. h. wo Stein bei der Hand ist, ist es ganz gut und der Erddruck jedenfalls abgethan. Man hat auch die Kegel noch aus Steinsatz und darum zur Kürzung der Flügel noch steiler gemacht, und das war auch gut, weil Steine bei der Hand waren. Wo Steine fehlen, vertheuert dies aber das Object.

Ich betrachte mir einmal das mit Steinsatz gefüllte Object und mache durch Mörtelbeigabe Mauerwerk aus dem Steinsatz, so dass ich einen übergrossen Mauerwerkskörper vor mir habe. Sofort sehe ich, dass ich denselben verkleinern kann, von Aussen herein, weil ich die freiliegenden Kegel oder die freigeböschte Endigung des Dammes gegen die Achse der Bahn zu bis zu dem reducirten mittleren Mauerwerkskörper reichen lassen kann. Was habe ich also dann Anderes gethan, als die Flügel zusammengerückt, bis sie in Eins verschmolzen sind? Das Widerlager belasse ich in seiner für die Auflagerung der Brückenconstruction erforderlichen Länge. Es bildet den Querbalken eines \perp , dessen Steg der Flügel ist, welcher letzterer nun keinen schädlichen Erddruck mehr empfängt. Die freie Dammendigung böschet sich entlang des Mittelflügels hinab und trifft die vorstehenden Querbalkentheile des \perp , das Widerlager, in so geringer Höhe, dass kein Erddruck mehr in Betracht kommt. Auch so ist also der Erddruck abgethan, und haben wir die neue Grundtype C.

Ich muss jetzt nur wissen, wie ich das Geleise auf dem Mauerwerk des hoch bis zur Bahnkrone hinreichenden Mittelflügels lagere. — Die Holz- oder Eisenconstruction trägt Traversen, welche die Stelle der Sleeper vertreten. Diese Traversen können über dem Mauerkörper fortgeführt werden. Ich lege sie auf Mauerlatten. Die Traversen können beiderseits über den Mauerkörper hinausragen, gerade so, wie über die Holz- oder Eisenconstruction, wenn nur die Mauerbänke gut unterstützt und unverschieblich gelegt sind. (Das Detail wollen Sie meinen Zeichnungen entnehmen.) Ist das nun der Fall, so kann die Dicke dieses concentrirten Mittelflügels nach dem Bedarf der Lagerung der Mauerlatten gerichtet werden und ergibt sie sich mit $2-2\frac{1}{2}^m$, einer Dicke, die geringer ist, als die doppelte verglichene Dicke eines der früheren

Flügel. Nun bildet dieser Mittelflügel zugleich die Hintermauerung. Das Widerlager wird nur so lang, als die Lage der Brückenträger es erfordert, und nicht dicker, als es das aufliegende Trägerende erheischt, das jetzt, nebenbei bemerkt, so luftig und frei liegt als sonst nie. Die Form dieses Objectes ist somit die der Figuren *C*. Die Traversen über dem Mauerwerk sammt Mauerlatten und Schrauben sind etwas theurer, als die auf gleiche Bahnlänge entfallenden Sleeper sammt Schotter. Am Mauerwerk aber haben wir so viel erspart, wie sich schon aus dem blossen Raisonement ergibt, dass dieses kleine Mehr der Traversen keinen Ausschlag gibt. Das nähere Detail, Wasserabzug, Fixirung des Oberbaues etc., übergehe ich. Es ist in den Zeichnungen andeutungsweise enthalten und kann Gegenstand mancher Vervollkommnung sein.

Wir haben für eingeleisige Bahn construiert. Man erkennt aber sofort, dass das Object für das zweite Geleise, ganz getrennt von dem ersten, stumpf sich an dasselbe anschmiegen kann. Die dann von zwei Flügelmauern gebildete Bucht ist nicht mehr wie bei der Urtype *B* vollangeschüttet (Fig. *C*₁ auf Taf. 22). Geböschter Damm ist dazwischen und man muss nur für einen Wasserschlitz bei der Anfügung des neuen Mauerkörpers sorgen, was durch die Distanz der Geleise und Folge dessen der Objecte ganz von selbst sich ergibt. Die bei eingeleisigem Object erzielte Oekonomie verdoppelt sich somit bei zweigeleisiger Bahn, und erfordert diese spätere Anfügung eines zweiten Objectes kein Demoliren eines Theiles des eingeleisigen ersten Objectes, oder auch kein Escomptiren eines Mauerwerkes der Zukunft beim Bau des ersten Objectes.

Ich lade Sie aber ein, meinem Raisonement weiter zu folgen. So wie die Traversen über dem Mauerwerk des Flügels lagern, ebenso können sie auch im schwebenden Theil des Ueberbrückungs-Objectes auf einem von einem Steinbogen getragenen Mauerwerk liegen. Und dies acceptirt, bekommen Sie ohne Kostenvermehrung ein steinernes Object statt eines hölzernen oder eisernen, bei dem die T-Form entfällt und der Steinbogen im Grundriss nur die Verlängerung und Verbindung der Flügelmauern auf beiden Seiten des Durchlasses bildet, ein Object also von der einfachsten Grundform. (Neue Urtype *D*, Tafel 21.)

Dem Gewölbeschub steht der an und für sich mehr als erforderlich tief nach der Richtung des Gewölbeschubes dimensionirte Flügel zugleich als Widerlager entgegen, welcher vermöge seiner Länge selbst sehr flache Bogenpfeile zulässt. Ein besonderes Widerlager für diese gewölbten Objecte entfällt!

Ich glaube, dieses Raisonement lässt auch schon ganz von selbst die Oekonomie herausfühlen, und vergleichende Rechnungen zeigen, dass man solche Steinobjecte, wo es die Höhenlage überhaupt gestattet, ebenso billig herstellen kann, als Objecte mit Holzconstruction selbst nach meiner früher entwickelten T-förmigen Type, und dann, meine Herren, hat man doch was Dauerndes, Solides!

Weiter wissen Sie, dass die Länge der in Frage stehenden Flügelmauern oder Widerlager, was sie ja unter Einem sind, abhängig ist von der Höhe des Dammes, in welchen sie eingebaut werden, so dass mit der Höhe des

Dammes die Länge des Widerlagers zunimmt. Die Länge des Widerlagers wird endlich bei steigender Dammhöhe ungebührlich gross und erheischt eine Aushöhlung. Nun haben Sie zu Seiten Ihres Objectsbogens zwei von der Dammböschung durchschüttete Seitenbögen und somit einen Viaduct. (Siehe Taf. 22.) Und wenn Sie vergleichend rechnen, so werden Sie finden, dass das Object von der Weite $a = 5$ oder 6^m aufwärts, bei Dammhöhen von $8-10^m$ aufwärts, immer billiger ist, wenn Sie es, der hier behandelten Type folgend, bis zur Schienenhöhe als Viaduct aufführen, als wenn Sie ein gewölbtes Schlauchobject mit Dammaufschüttung daraus machen. Die Dammüberschüttung selbst aber, und überdies noch die zur Deckung des Schüttmaterials erforderlichen anstossenden Einschnitte, die Sie nun durch veränderte Tracelegung meist theilweise oder ganz vermeiden können, während Sie diese Einschnitte früher aufsuchen mussten, fallen Ihnen als Ersparnisse noch extra in den Schoss, und bewirken, dass die Ersparnisse an der Gesamtanlage auch bei Spannweiten von 5^m abwärts und geringeren Dammhöhen schon zutrifft. Diese Damm-Ersparnis ist allein bei gewissen Dammhöhen so gross, dass sie die Kosten des Viaducts für sich schon aufwiegt — und dann können Sie sagen, Sie haben geradezu das an diese Stelle gehörige sonstige Object und extra noch die Verminderung der anstossenden Einschnitte erspart.

Bei diesen grösseren Höhen vermehren sich die Aushöhlungsbögen oder überhaupt die Zahl der Bögen des Viaductes, die natürlich nun auch unabhängig von der ursprünglich benötigten Lichtweite a eingetheilt werden können. Sie haben hiedurch ohne Opfer, ja mit Gewinn, stattliche, das Auge ästhetisch befriedigende Bauten für Ihre Bahn gewonnen. Nach Maassgabe der Höhe solcher Viaducte wird man, ohne das Grundprincip aufzugeben, die Breite oder Tiefe des Mauerwerkes der Pfeiler entsprechend vermehren, sei es durch Anlauf, sei es durch Absätze im Mauerwerk, wie Sie letzteres in der Zeichnung angegeben finden.

Fassen Sie gefälligst noch die grössere Solidität in's Auge. Sie werden Ihre Viaductpfeiler sicher und gut fundiren, von oben nach unten stabil erbreitern, und dann sind Sie aus aller Gefahr. Alles liegt unter Ihren Augen, der Reparatur zugänglich. Wasserfluthen finden kein Hemmniss, keine Angriffsflächen, sie haben schnell das Object passirt. Was ist es dagegen mit den Schlauchobjecten? Die langgestreckte Gründung der Widerlagsmauern wird selten gleichmässig widerstehend ausfallen, daher erfahrungsgemäss die Mauertrennungen im Inneren dieser dem Riesendruck der aufgeschütteten Dammmasse unterliegenden Objecte, deren Reparatur im Falle grösserer Bedeutung der Zerstörung unendlich schwierig und nur mit bedenklicher Schmälerung der ursprünglichen Profilsweite des Objectes durchführbar ist. Bei aussergewöhnlichen Wassermengen im Falle von Wolkenbrüchen bietet der relativ enge Durchgang für Alles, was sich in Schlucht oder Thal ansammelt, stete Gefahr der Zerstörung.

Nehmen wir noch einen Vergleich vor, und zwar unserer Viaducte mit denen nach früherer Type mit eingekastelter

Erd- oder Schotterfüllung, so brauche ich nur der so häufigen Mauertrennungen bei diesen letzteren zu gedenken, um die Nachtheile dieser Ausfüllung mit durchlässigem Materiale in die Augen springen zu lassen. Nässe und Frost bewirken durch Erddruck und Volumvermehrung solche Trennungen oft in erschreckendem Maasse, wenn die Durchlässigkeit der Füllung und die Abführung des eingedrungenen Wassers nicht im vollsten Maasse garantirt ist. Ich erinnere an die Attlitzgraben-Viaducte, ich lade Sie ein, die Störungen in der verticalen Lage der Parapete der Radetzky-Brücke und selbst der Elisabeth-Brücke in Wien, von gleicher Ursache herrührend, zu besichtigen. Mir ist es also doch beruhigender, wenn ich mit unsichtbaren, unzugänglichen Wasserableitungen und mit tückischem Erddruck nichts zu thun habe und im Uebrigen puncto der Sicherheit bei etwaigen Entgleisungen ganz auf demselben Standpuncte stehe, wie auf dem Deck einer jeden unten liegenden Eisen- oder Holzconstruction. Dieselben Entgleisungsver sicherungen werden natürlich bei mir auch angewandt.

Mit meiner Entwicklung wäre ich zu Ende. Ich will mir nur erlauben, noch eine Gegenprobe anzuführen:

Es ist bekannt, dass bei einer gewissen grösseren Höhe der Anschüttung über ein Thal oder eine Schlucht hinweg (beiläufig 20–30^m) die Kosten dieser Anschüttung sammt dem darunterliegenden Schlauchobject oder der dazwischen liegenden Brücke so gross werden, dass es ökonomischer ist, einen Viaduct aus Eisen oder aus Stein an beider Stelle zu setzen. Diese Oekonomie wird, wie schon gesagt, dadurch noch unterstützt, beziehungsweise es wird die Höhengrenze dadurch noch herabgedrückt, dass man, wenn kein Schüttungsmaterial benöthigt wird, die Trace meist so verlegen kann, dass anstossend an die Thalvertiefung keine oder nur geringe Einschnitte gemacht werden müssen. Diese Viaducte, wenn sie aus Stein waren, sind bis jetzt alle mit Parapetmauern zur Einlagerung eines Füllmaterials und des Bahnschotters, also in einer die freie Bahnkrone meist etwas übersteigenden Breite gemacht worden.

Wenn wir nun, gemäss unserer Type ohne Schotterfüllung, die Breite eines solchen Viaductes wesentlich verringern, ca. auf die Hälfte der Querdimension, folglich geradezu die Kosten auf ca. die Hälfte bringen, so ist klar, dass auch entsprechend jene Höhengrenze herabgedrückt wird, bei welcher Dammschüttung sammt Schlauchobject und Nachbareinschnitten sich mit den Kosten des Viaductes äquilibrirt. Es variirt diese Höhe natürlich nach dem lichten Querschnitt des absolut nothwendigen Durchlasses. Aber Sie werden, wenn Sie sich mit der Sache etwas beschäftigen wollen, finden, dass die fragliche Grenze bei ganz gewöhnlichen Dammhöhen angelangt ist.

Bericht des zur Begutachtung der Köstlin'schen Objectformen eingesetzten Comité's*).

Das Comité, welches der österreichische Ingenieur- und Architekten-Verein zur Beurtheilung der Anwendbar-

*) Wir theilen hier mit, dass Herr Köstlin sich den nöthigen Raum zu einer Entgegnung auf diesen Bericht erbeten hat. D. R.

keit der von dem Ingenieur Herrn A. Köstlin in Vorschlag gebrachten Objects-Typen für ökonomische Bahnen eingesetzt hat, erstattet hiemit folgenden Bericht:

Herr A. Köstlin stellt das Princip auf: Um die kostspieligen Mauer-Constructionen, welche der Erddruck bei den Brücken und Durchlässen verursacht, zu vermeiden, muss man dem Erddrucke aus dem Wege gehen.

Er proponirt demnach Typen für die Construction der Durchlässe, bei welchen die Futtermauern vermieden werden.

Dieses Bestreben ist an und für sich ganz richtig und muss so lange gut geheissen werden, als dadurch der soliden und dauerhaften Construction der Durchlässe in anderer Beziehung nicht Abbruch gethan wird.

Ob man das Mauerwerk der Durchlässe bis auf die Höhe des Planums der Bahn führen oder die Durchlässe tunnelartig mit einer Ueberschüttung herstellen soll, wird sich überall mit bedachter Rücksichtnahme auf die Localverhältnisse durch eine vergleichende Kostenberechnung entscheiden lassen; jedenfalls aber muss bei der Construction jedes Durchlass-Objectes darauf Bedacht genommen werden, dass die Continuität der Bahn-Construction möglichst wenig unterbrochen wird.

Diesem Grundsatz aber wird durch die neuen Typen gar nicht entsprochen.

Bei Anwendung dieser Typen muss der Unterbau, der mehr oder weniger hohe Damm, überall da, wo die Anlage eines Durchlass-Objectes nothwendig ist, durch einen festen Mauerkörper unterbrochen werden.

An jeder solchen Stelle muss die durchlaufende Unter stützung der Schienen mehr oder weniger geändert werden.

Die Unterbrechung führt am Uebergange von dem nachgiebigen Damme auf den festen Mauerkörper zu unvermeidlichen Stössen, welche sowohl schädlich auf den Bestand dieses, als auf den Oberbau und die Fahrbetriebsmittel einwirken.

Wie nachtheilig diese Einwirkungen in jeder Beziehung sind, und welche Unzukömmlichkeiten und Kosten durch diese Unterbrechungen des Bahnkörpers in der Bahnerhaltung verursacht werden, kann man am besten an den, leider oft unvermeidlichen „offenen“ Durchlässen wahrnehmen.

Wird das obere Mauerwerk solcher mit dem Oberbau unmittelbar in Berührung kommenden Kunstbauten nicht sehr solid, aus dem besten Mauerwerke in so ausgiebigen Dimensionen hergestellt und mit Werkstücken armirt, welche den fortwährenden heftigen Stössen der darüber fahrenden Locomotiven und Wagen die erforderliche Masse entgegensetzen, so ist die Zerstörung des Mauerwerkes die unvermeidliche Folge.

Alle Unzukömmlichkeiten, welche die offenen Durchlässe unvermeidlich mit sich bringen, sind im erhöhten Maasse von den Constructionen der offenen sowohl, als der gewölbten Durchlässe nach den neuen Typen des Herrn A. Köstlin zu erwarten, weil die directe Berührung des Oberbaues mit dem Mauerwerke bei denselben zum Grundsatz erhoben ist. Dieser sonst nur ausnahmsweise

vorkommende und möglichst gemiedene Uebelstand ist bei diesen Typen zur Regel gemacht.

Es ist eine bekannte Thatsache, dass das Mauerwerk viaductartiger Kunstbauten, zunächst der Fahrbahn, selbst dann durch die Erschütterungen leidet, wenn die, ein abwehrendes Stadium bildende Bettung vorhanden ist; welche Zerstörung hätte man erst bei Anwendung dieser Typen zu erwarten!

Selbst unter der Annahme, dass diese Typen überhaupt nur für kleinere Durchlässe und für Höhen bis 10^m Anwendung finden sollen, — denn bei grösseren Höhen dürfte schon aus Rücksicht auf die Stabilität im Allgemeinen eine grössere Breite nothwendig werden — muss die Breite von 2.5^m als zu gering bezeichnet werden, um dem Mauerkörper die nöthige Widerstandsfähigkeit gerade da geben zu können, wo er sie am nothwendigsten hat.

Die Inanspruchnahme des Mauerwerkes bei den neuen Typen ist eine ungünstige.

Trennungen im Mauerwerke und immerwährende Reconstructionen werden unvermeidlich sein, selbst wenn das Mauerwerk aus den solidesten und bestverbundenen Werkstücken hergestellt wird.

Würde dieses oder ein ähnliches Constructionsprincip angenommen werden, dann müsste man nach Maassgabe der Geschwindigkeit, mit welcher auf der Bahn gefahren werden soll, ganz ungewöhnliche Hilfsmittel zur Sicherung der Construction in Anwendung bringen.

Auch würden besondere Vorkehrungen nothwendig sein, um die Bahn auf dem Mauerwerke, insbesondere in den Curven und Steigungen, festzuhalten.

Die vorliegenden Typen sollen, nach Angabe des Verfassers, anwendbar sein bei Bahnen, welche Steigungen mit 1/10 und Curven von 200^m haben, bei denen die Maximal-Geschwindigkeit von 5 Meilen per Stunde festgesetzt ist; die Kunstbauten aber sollen lediglich aus Bruchsteinmauerwerk hergestellt und an der Krone zur Aufnahme der Langschwellen mit Quaderkränzen armirt werden.

Das Comité glaubt auf Grundlage der Erfahrungen, welche bei stark construirten Objecten unter ähnlichen Verhältnissen gemacht wurden, bestimmt aussprechen zu können, dass diese Construction den Anforderungen auf die Dauer nicht genügen werde.

Abgesehen davon, dass die Erhaltungskosten des Mauerwerkes der projectirten Constructionen grösser sein werden, als jene der bisher üblichen Objecte, muss insbesondere auf die umständliche Auswechslung der Lang- und Querschwellen hingewiesen werden, welche die Erhaltungskosten umsomehr erhöhen werden, als die solide Auflagerung der doppelten Mauerschwellen auf grössere Längen besondere Schwierigkeiten bereiten wird. Ungerechtfertigt ist die Furcht vor Anwendung der gewöhnlichen Parallel- oder der Böschungsfügel bei den niedrigen Bauten und in den Fällen, wo die neue Type für „offene“ Durchlässe in Anwendung kommen soll.

Es ist möglich, dass Herr Köstlin durch seine Anordnung des Mauerwerkes hie und da eine Differenz der

Kosten erzielt; so bedeutend aber wird diese nicht sein, dass man dafür alle die erläuterten Nachtheile in den Kauf nehmen kann.

Auch bei den gewölbten Durchlässen wird sich eine Differenz der Kosten nicht ergeben, namentlich dann, wenn die nöthige Vorsicht bei der Wahl der Mauerwerks-Gattungen beobachtet und auf die unzweifelhaft höheren Erhaltungskosten Rücksicht genommen wird.

Vergleichende Berechnungen, welche ohne Rücksicht auf die Beschaffenheit des Fundamentes angestellt werden, können da, wo es sich um die Herstellung einzelner Pfeiler handelt, nicht als maassgebend angenommen werden.

Eine Construction, bei welcher im vorhin ein nicht gezweifelt werden kann, dass sie minderen Werth als die anderen bewährten Constructionen besitzt, kann zu einer vergleichenden Kostenberechnung überhaupt nicht in Betracht genommen werden.

In Erwägung der angeführten Umstände kommt das Comité zu dem Schlusse:

Dass die Anwendung der neuen Objects-Typen für Bahnen zweiten Ranges mit der normirten Maximal-Geschwindigkeit von 40^{km} (5 Meilen) nicht empfohlen werden könne; dass jedoch, abgesehen von den jedenfalls höheren Erhaltungskosten, dieselben bei Bahnen dritten Ranges, Industrie- und Schleppbahnen, überhaupt Bahnen, welche nur mit einer Geschwindigkeit von höchstens 12 Kilometer befahren werden, zur Ausführung kommen können.

Hornbostel m. p. R. Gunesch m. p.

Ed. Gerlich m. p., Berichterstatter.

Separat-Votum.

Mit den von den Herren Gerlich, Gunesch und Hornbostel über die Köstlin'schen Objectsformen ausgesprochenen Ansichten kann ich mich nicht vollständig einverstanden erklären. Ich bin zwar vollkommen mit der aufgestellten Regel einverstanden, dass man die Continuität der Bahn möglichst wenig unterbrechen und eine directe Auflagerung des Oberbaues auf das Mauerwerk möglichst vermeiden soll. Andererseits aber bin ich der Meinung, dass man im Interesse der möglichsten Ausbreitung secundärer Bahnen jede Construction mit Freude begrüssen muss, welche auf Reduction der Anlagekosten abzielt, auch wenn sich an dieselbe nicht die strengen Anforderungen stellen lassen, welche man bei Hauptbahnen stellen muss.

Was nun speciell den vorliegenden Fall anbelangt, so bin ich der Meinung, dass die von Herrn Köstlin aufgestellten Objectsformen auch bei Nebenbahnen als zulässig bezeichnet werden können, bei denen die Geschwindigkeit der Züge das vom Majoritäts-Votum bezeichnete Maass von 12^{km} per Stunde überschreitet.

Ich entnehme diese Behauptung der Erfahrung, welche bei Hauptbahnen gemacht wurde.

Man pflegt bei den Hauptbahnen die Träger kleiner hölzerner und eiserner Brücken (grosse Spannweiten können der grösseren, sich den Erschütterungen entgegengesetzenden Massen wegen nicht in Betracht kommen) fast direct auf das Mauerwerk aufzulagern, und sicher werden hiedurch ebenso bedeutende Stösse auf das Mauerwerk übertragen; es ist allerdings wahr, dass man hier oft Trennungen im Mauerwerke in Folge der Erschütterungen beobachtet hat; indess hat sich gutes Mauerwerk bei geeigneter Construction wohl bewährt, und man nimmt keinen Anstand, diese Objectsform bei Hauptbahnen immer und immer wieder anzuwenden. Ferner sind an den Enden der meisten bestehenden eisernen Brücken mehr oder weniger schwache Abschlussmauern angeordnet, auf denen eine oder zwei Querschwellen liegen, welche direct die Schienen aufzunehmen haben; auch diese Objectsform kommt immer und immer wieder zur Anwendung, obwohl ich gern selbst zugebe, dass es zweckmässiger ist, Unterstützung einzelner Schwellen durch Mauerwerk zu vermeiden.

Wenn man nun keinen Anstand nimmt, Unterstützung des Oberbaues durch Mauerwerk bei Eisenbahnen mit grosser Geschwindigkeit zuzulassen, so muss das doch um so eher bei Nebenbahnen mit geringer Geschwindigkeit zulässig sein. Allerdings setzt die sorgfältige Ausführung des Mauerwerkes gut bindenden Mörtel, die Abdeckung mit Quader-Rollschichten mit festem Material und eine gute Ausführung und Auflagerung des Holzrostes voraus. Bis zu welchen Geschwindigkeiten diese Construction als zulässig zu betrachten ist, lässt sich allerdings nur durch die Erfahrung feststellen.

Im Majoritäts-Berichte ist ferner gesagt, dass in Steigungen und Curven aussergewöhnliche Mittel zur Sicherung des Oberbaues nöthig würden. Ich glaube dies nicht. In stärkeren Steigungen wird es genügen, einzelne starke Steine zwischen die Querschwellen einzubinden, ähnlich, wie das z. B. mit der Kahlenberg-Zahnradbahn geschehen ist. In Curven wird eine Ueberschneidung der Quer- und Langschwellen, und das von Herrn Köstlin auch für die gerade Strecke projectirte Eingreifen der Quaderschicht zwischen die Langschwellen genügen.

Im Majoritäts-Votum wurde gesagt, dass bei hohen Objecten die obere Breite aus Stabilitäts-Rücksichten viel grösser werden müsste, so dass man gegenüber der gewöhnlichen Construction nichts erspare; auch dieser Ansicht kann ich mich nicht anschliessen. Man kann hier die von Herrn Köstlin projectirte Breite ohneweiters beibehalten, und hat nur nöthig, nach unten zu eine entsprechende Verbreiterung vorzunehmen. Meiner Meinung nach muss diese Construction, wenn man die Auflagerung des Oberbaues auf das Mauerwerk überhaupt für zulässig erklärt, auch für hohe Objecte für zulässig erklärt werden.

Was die Vortheile dieser Construction gegenüber der üblichen Construction anbelangt, so bin ich allerdings gegenwärtig nicht in der Lage, ein bestimmtes Urtheil abzugeben, da hiezu ein Vergleich der Kosten nach beiden Constructionsweisen unter verschiedenen, auf das Terrain, Materialpreise und Arbeitslöhne Bezug habenden Verhältnissen nöthig würde, welcher indess in der kurzen, dem

Comité gegebenen Zeit nicht durchgeführt werden konnte. Allein das lässt sich wohl behaupten, dass durch die Köstlin'sche Objectsform in vielen Fällen eine Kostenersparniss erzielt wird, welche bei secundären Bahnen, bei denen es auf eine möglichste Reduction der Anlagskosten ankommt, als namhaft bezeichnet werden muss.

Mir erscheint indess, dass es vorläufig nur darauf ankommt, die Zulässigkeit der Construction zu constatiren, und dass man dann die Constatirung der hiedurch erzielten pecuniären Vortheile getrost der Praxis überlassen kann*).

Wien, den 28. April 1875.

E. Winkler m. p.

Ermittlung der Durchbiegung continuirlicher Träger constanten Querschnittes.

Von

Gustav Bartdorff,

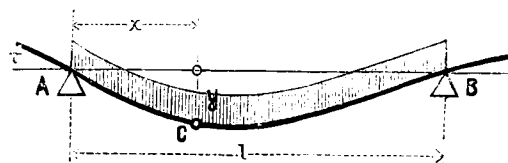
Assistent an der k. k. technischen Hochschule in Brünn.

Einleitung. Obwohl die bei Belastungsproben von Brücken beobachteten Durchbiegungen keinen directen Maassstab für die Beanspruchung des Brücken-Materiales abgeben, man vielmehr in der Beziehung zwischen Belastung, Dimensionen und Inanspruchnahme ein weitaus schärferes Maass für die letztere hat, so ist es immerhin von Interesse, die Grösse der Durchbiegung kennen zu lernen, um einerseits etwa vorhandene grobe Mängel im Material oder in der Ausführung zu eruiern, anderseits aber auch, um durch eine Uebereinstimmung zwischen der beobachteten und berechneten Durchbiegung die Richtigkeit der Hypothesen constatiren zu können, auf welche sich die Rechnung stützt. Nicht selten wird indess den Durchbiegungen eine zu grosse Bedeutung beigelegt.

Anschliessend an die von Professor Dr. E. Winkler im Jahrgange 1870 dieser Zeitschrift veröffentlichte Abhandlung über die Theorie der continuirlichen Träger constanten Querschnittes soll hier die Ermittlung der Durchbiegung derselben gegeben werden.

Durchbiegung an einer beliebigen Stelle. Das Feld AB (Fig. 1) eines continuirlichen Trägers mit

Fig. 1.



beliebig vielen Feldern und gleich hohen Stützen sei auf seine ganze Länge l mit p pro Längeneinheit belastet. Die übrigen Felder können wie immer belastet sein.

Die Ordinate eines Punktes der deformirten Achse in der Entfernung $AC = x$ sei von der durch A gehenden Horizontalen y , das Moment der äusseren Kräfte an dieser Stelle M^{**}), die Tangente des Winkels, den die elastische

*) Die Mittheilung des Herrn Melan über diesen Gegenstand, dürfte nicht ohne Interesse sein.

**) Die Momente, die auf den linken Theil des Trägers rechts drehend, oder auf den rechten Theil links drehend wirken, sind als positiv angenommen.

Linie in A mit der Horizontalen bildet τ , das Trägheitsmoment des constanten Querschnittes W , der Elasticitäts- Coëfficient E . Dann ist bekanntlich die Differentialgleichung der elastischen Linie:

$$E W \frac{d^2 y}{dx^2} = -M \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 1)$$

Die erste Integration dieser Gleichung gibt:

$$E W \frac{dy}{dx} = -\int M dx + C.$$

Da für $x=0$ $\frac{dy}{dx} = \tau$ wird, so hat man:

$$E W \left(\frac{dy}{dx} - \tau \right) = -\int_0^x M dx.$$

Die nochmalige Integration dieser Gleichung gibt:

$$E W (y - \tau x) = -\int dx \int_0^x M dx + C_1$$

oder da für

$$x=0 \text{ auch } y=0$$

wird, so ist:

$$E W (y - \tau x) = -\int_0^x dx \int_0^x M dx \quad . \quad . \quad . \quad 2)$$

Setzt man in Gleichung 2) $x=l$, wobei y in Null übergeht, so folgt:

$$E W \tau = -\frac{1}{l} \int_0^l dx \int_0^x M dx \quad . \quad . \quad . \quad 3)$$

Substituirt man diesen Werth in Gleichung 2), so ergibt sich:

$$E W y = -\int_0^x dx \int_0^x M dx + \frac{x}{l} \int_0^l dx \int_0^x M dx \quad . \quad . \quad . \quad 4)$$

Bezeichnet man ferner die bei A und B auftretenden Normal-Momente beziehungsweise mit M' und M'' , die bei A auftretende Transversalkraft mit Q' , so ist:

$$M = M' + Q'x - \frac{px^2}{2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 5)$$

Wendet man diese Gleichung auf den Punct B an, so erhält man:

$$M'' = M' + Q'l - \frac{pl^2}{2} \text{ oder}$$

$$Q' = \frac{M'' - M'}{l} + \frac{pl}{2}.$$

Substituirt man diesen Werth in Gleichung 5), so ergibt sich:

$$M = -\frac{px^2}{2} + \left(\frac{M'' - M'}{l} + \frac{pl}{2} \right) x + M' \quad . \quad . \quad 6)$$

Es wird demnach:

$$\int_0^x M dx = -\frac{px^3}{6} + \left(\frac{M'' - M'}{l} + \frac{pl}{2} \right) \frac{x^2}{2} + M'x, \text{ ferner}$$

$$\int_0^x dx \int_0^x M dx = -\frac{px^4}{24} + \left(\frac{M'' - M'}{l} + \frac{pl}{2} \right) \frac{x^3}{6} + M' \frac{x^2}{2} =$$

$$= -\frac{x}{24} \left[p(x^3 - 2lx^2) + 4M' \left(\frac{x^2}{l} - 3x \right) - 4M'' \frac{x^2}{l} \right]$$

und

$$\frac{x}{l} \int_0^l dx \int_0^x M dx = \frac{x}{24} (pl^3 + 8M'l + 4M''l).$$

Substituirt man die so erhaltenen Werthe der beiden letzten Integrale in Gleichung 4) und ordnet sodann nach den Grössen p , M' und M'' , so erhält man:

$$y = \frac{x}{24 E W} \left[p(x^3 - 2lx^2 + l^3) + 4M' \left(\frac{x^2}{l} - 3x + 2l \right) + 4M'' \left(l - \frac{x^2}{l} \right) \right].$$

Die in der Klammer befindlichen Factoren lassen sich auch folgendermaassen schreiben:

$$x^3 - 2lx^2 + l^3 = l^3 \left(1 - \frac{x}{l} \right) \left[1 + \frac{x}{l} \left(1 - \frac{x}{l} \right) \right],$$

$$\frac{x^2}{l} - 3x + 2l = l \left(1 - \frac{x}{l} \right) \left(2 - \frac{x}{l} \right),$$

$$l - \frac{x^2}{l} = l \left(1 - \frac{x}{l} \right) \left(1 + \frac{x}{l} \right).$$

Berücksichtigt man dies in obiger Gleichung und setzt

$$\frac{x}{l} = n,$$

so ergibt sich:

$$y = \frac{l^2}{24 E W} n(1-n) [p l^2 \{1 + n(1-n)\} + 4M'(2-n) + 4M''(1+n)] \quad . \quad . \quad . \quad 7)$$

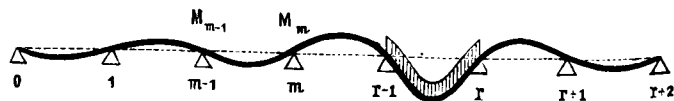
Dies ist die allgemeine Gleichung für die Bestimmung der Durchbiegung an einer beliebigen Stelle des Feldes.

Sie setzt, wie man sieht, die Kenntniss der beiden Normal-Momente M' und M'' des betreffenden Feldes voraus. Man wird daher, um y zu bestimmen, zunächst die Normal-Momente für die angenommene Belastung der Felder des continuirlichen Trägers nach den bekannten Normal-Gleichungen ermitteln und mit Hilfe derselben die Ordinate y aus Gleichung 7) berechnen.

Professor Dr. E. Winkler stellte in seiner „Lehre von der Elasticität und Festigkeit“ (S. 107) zuerst den Ausdruck für die Durchbiegung continuirlicher Träger in einer dem Wesen nach gleichen Form auf und erhielt denselben durch Specialisirung der Formel für den schief eingespannten Träger bei beliebiger Belastung desselben und bei verschiedener Höhenlage der Einspannungsstellen.

Gefährlichste Belastungsweise bezüglich der Durchbiegung. Für die Bestimmung der gefährlichsten Belastungsweise ist es nöthig, den Einfluss der Belastung eines einzigen Feldes kennen zu lernen. Es sei nur das n^{te} Feld gleichmässig belastet (Fig. 2).

Fig. 2.



Für ein unbelastetes Feld, z. B. für das m^{te} , wird nach Gleichung 7), da $p=0$ ist, die Ordinate der Durchbiegung:

$$y_m = \frac{l_m^2}{6 E W} n(1-n) [M_{m-1}(2-n) + M_m(1+n)],$$

wenn M_{m-1} und M_m die Normal-Momente desselben sind.

Nun sind bekanntlich die Normal-Momente für die nicht belasteten Felder abwechselnd positiv und negativ und nehmen von den Enden nach dem belasteten Felde hin zu, und zwar so, dass jedes Normal-Moment grösser ist als das Doppelte des Vorhergehenden. Also ist:

$$M_m > 2 M_{m-1},$$

demnach:

$$M_m (1+n) > M_{m-1} (2+2n) > M_{m-1} (2-n),$$

somit

$$M_m (1+n) > M_{m-1} (2-n).$$

Da die Factoren $(1+n)$, $(1-n)$ und $(2-n)$ nur positiver Werthe fähig sind, so erhält y_m für jedes n dasselbe Vorzeichen wie M_m , ist also abwechselnd positiv und negativ. Für das $(m+1)^{te}$ Feld wird für dasselbe n

$$y_{m+1} = \frac{l_{m+1}^3}{6 E W} n (1-n) [M_m (2-n) + M_{m+1} (1+n)].$$

Daher ist:

$$\frac{y_{m+1}}{y_m} = \frac{M_m (2-n) + M_{m+1} (1+n)}{M_{m-1} (2-n) + M_m (1+n)} \cdot \frac{l_{m+1}^3}{l_m^3},$$

oder

$$\frac{y_{m+1}}{y_m} = \frac{(2-n) + \frac{M_{m+1}}{M_m} (1+n)}{\frac{M_{m-1}}{M_m} (2-n) + (1+n)} \cdot \frac{l_{m+1}^3}{l_m^3}.$$

Nun ist nach dem Früheren $\frac{M_{m+1}}{M_m}$ negativ und > 2 , also im vorigen Ausdruck der Zähler des ersten Factors negativ und $> 3n$. Ferner ist $\frac{M_{m-1}}{M_m}$ negativ und $< \frac{1}{2}$, also der Nenner desselben positiv und $< \frac{3}{2} n$. Demnach ist $\frac{y_{m+1}}{y_m}$ negativ und $> 2 \cdot \frac{l_{m+1}^3}{l_m^3}$, d. h. die Abweichungen von der Horizontalen erfolgen abwechselnd nach unten und oben, und nehmen (wenn nicht $2l_{m+1}^3 < l_m^3$) nach dem belasteten Felde hin zu (Fig. 2), und zwar ist:

$$-\frac{y_{m+1}}{y_m} > 2 \cdot \frac{l_{m+1}^3}{l_m^3}.$$

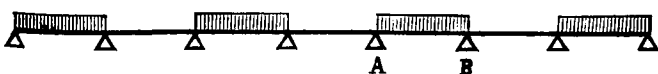
Es bedarf wohl keines Beweises, dass die Durchbiegung im belasteten Felde selbst nach unten erfolgt, also positiv ist.

Da nach dem Vorhergehenden die Belastung der Felder $(r \pm 2)$, $(r \pm 4)$, $(r \pm 6)$. . . im r^{ten} Felde nur positive y , dagegen die Belastung der Felder $(r \pm 1)$, $(r \pm 3)$, $(r \pm 5)$. . . in demselben nur negative y erzeugt, so folgt hieraus in Verbindung mit dem Früheren:

In irgend einem Felde tritt an einer beliebigen Stelle das Maximum der Durchbiegung auf, wenn das fragliche Feld belastet, die übrigen Felder jedoch abwechselnd belastet sind, und zwar so, dass das fragliche Feld zwischen unbelasteten liegt.

In Figur 3 ist diese Belastungsweise dargestellt.

Fig. 3.



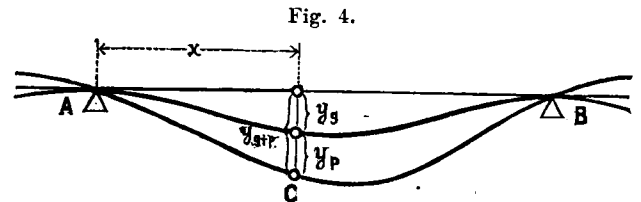
Diese Art der Belastung ist zugleich diejenige, die in jedem der belasteten Felder das Maximum der Durchbiegung erzeugt, und ist identisch mit der gefährlichsten Belastungsweise bezüglich der positiven Maximal-Momente in den mittleren Theilen der Felder.

Durchbiegung der Brücken bei Belastungsproben. Bei Belastungsproben von Brücken wird die Durchbiegung von den durch das Eigengewicht der Brücke bereits deformirten Trägern aus beobachtet.

Es sei g das Eigengewicht und

p die zufällige Last pro Längeneinheit.

Ist nun y_g die Durchbiegung an einer beliebigen Stelle in Folge des Eigengewichts allein (Fig. 4), y_{g+p} die



Durchbiegung in Folge des Eigengewichtes und der zufälligen Last an derselben Stelle, so ist die beobachtete Durchbiegung daselbst:

$$y_p = y_{g+p} - y_g \quad 8)$$

Dies gilt ganz allgemein, es mag ein Senken oder ein Heben des Feldes stattfinden.

Ist das fragliche Feld belastet und bezeichnet man die Normal-Momente desselben bezüglich mit M'_{g+p} und M''_{g+p} , so folgt aus Gleichung 7):

$$y_{g+p} = \frac{l^3}{24 E W} \cdot n (1-n) [(g+p) l^2 \{1+n(1-n)\} + 4 M'_{g+p} (2-n) + 4 M''_{g+p} (1+n)].$$

Befindet sich auf dem Träger keine Mobillast, ist also nur das Eigengewicht thätig, und bezeichnet man die Normal-Momente in demselben Felde beziehungsweise mit M'_g und M''_g , so hat man nach Gleichung 7):

$$y_g = \frac{l^3}{24 E W} \cdot n (1-n) [g l^2 \{(1+n(1-n))\} + 4 M'_g (2-n) + 4 M''_g (1+n)].$$

Substituiert man die Werthe für y_g und y_{g+p} in Gleichung 8), so erhält man:

$$y_p = \frac{l^3}{24 E W} \cdot n (1-n) [p l^2 \{1+n(1-n)\} + 4 (M'_{g+p} - M'_g) (2-n) + 4 (M''_{g+p} - M''_g) (1+n)],$$

oder da

$$M'_{g+p} - M'_g = M'_p \text{ und } M''_{g+p} - M''_g = M''_p \text{ ist,}$$

so hat man auch:

$$y_p = \frac{l^3}{24 E W} \cdot n (1-n) [p l^2 \{1+n(1-n)\} + 4 M'_p (2-n) + 4 M''_p (1+n)] \quad 9)$$

Nach Gleichung 7) stellt dieses y_p offenbar die Durchbiegung eines gewichtslosen Trägerfeldes vor, das mit p pro Längeneinheit belastet ist.

Man kann somit, um die bei Belastungsproben von Brücken beobachtete Durchbiegung zu bestimmen, vom Eigengewicht der Brücke gänzlich abstrahiren, dieselbe als gewichtslos sich vorstellen und die Wirkung der alleinigen zufälligen Last untersuchen.

Graphisch lässt sich indess dieser Beweis kürzer führen.

Maximum der Durchbiegung. Der Ort des Maximums der Durchbiegung bestimmt sich aus der Gleichung

$$\frac{dy}{dn} = 0.$$

Ordnet man Gleichung 7) nach n , so ergibt sich:

$$\frac{24EW}{l^2} \cdot y = p l^2 \cdot n^3 - 2 [p l^2 + 2 (M'' - M')] n^2 - 12 M' n^2 + (p l^2 + 8 M' + 4 M'') n.$$

Es ist demnach:

$$\frac{24EW}{l^2} \cdot \frac{dy}{dn} = 4 p l^2 \cdot n^3 - 6 [p l^2 + 2 (M'' - M')] n^2 - 24 M' n + p l^2 + 8 M' + 4 M'' = 0,$$

oder:

$$n^3 - \frac{3}{2} \left(1 + \frac{2(M'' - M')}{p l^2} \right) n^2 - 6 \frac{M'}{p l^2} \cdot n + \frac{1}{4} + \frac{2M' + M''}{p l^2} = 0 \quad \dots \dots \dots 10)$$

Bei der Auflösung dieser cubischen Gleichung wird man sich mit Vortheil der Newton'schen Näherungsmethode bedienen. Hat man aus 10) n ermittelt, so ergibt sich aus Gleichung 7) der zugehörige Werth der Maximal-Durchbiegung.

Setzt man

$$M' = c' \cdot p l^2 \text{ und}$$

$$M'' = c'' \cdot p l^2,$$

so geht Gleichung 10) über in

$$n^3 - \frac{3}{2} [1 + 2(c'' - c')] n^2 - 6c' \cdot n + \frac{1}{4} + 2c' + c'' = 0.$$

Es ist demnach der Ort des Maximums von der Grösse der zufälligen Last pro Längeneinheit unabhängig, dagegen ist er, wie c' und c'' durch das Verhältniss der Felderlängen bedingt.

Specielle Fälle. In Bezug auf die Gleichungen 7) und 10) können folgende Fälle vorkommen:

1. Die beiden Momente des fraglichen Feldes sind von einander verschieden und das Feld ist belastet (Zwischenfeld). Alsdann finden die Gleichungen 7) und 10) direct Anwendung.

2. Die beiden Momente sind von einander verschieden und das Feld ist unbelastet (Zwischenfeld). Dann geht die Gleichung zur Bestimmung des n in eine quadratische über und heisst:

$$(M' - M'') n^2 - 2 M' \cdot n + \frac{1}{3} (2 M' + M'') = 0,$$

somit

$$n = \frac{M' + \sqrt{\frac{1}{3} (M'^2 + M' M'' + M''^2)}}{M' - M''};$$

ferner wird

$$y = \frac{l^2}{6EW} \cdot n(1-n) [M' (2-n) + M'' (1+n)].$$

3. Die beiden Momente sind gleich und das Feld ist belastet (Mittelfeld). Alsdann findet die grösste Durchbie-

gung offenbar in der Mitte des Feldes statt. Es ist also in diesem Falle

$$n = \frac{1}{2}.$$

In der That macht $n = \frac{1}{2}$ die Gleichung

$$n^3 - \frac{3}{2} \cdot n^2 - 6 \frac{M}{p l^2} \cdot n + \frac{1}{4} + \frac{3M}{p l^2} = 0,$$

in welche Gleichung 10) übergeht, wenn man $M' = M'' = M$ setzt, zu einer erfüllten.

Es wird ferner:

$$y = \frac{l^2}{24EW} n(1-n) [p l^2 \{1 + n(1-n)\} + 12M]$$

und

$$\max y = \frac{l^2}{96EW} \left(\frac{5}{4} p l^2 + 12M \right)$$

oder

$$\max y = \frac{5}{384} \cdot \frac{p l^4}{EW} + \frac{1}{8} \frac{M l^2}{EW}.$$

Das erste Glied stellt die Durchbiegung in der Mitte eines einfachen Trägers vor von derselben Spannweite und Belastung; heisst diese y_c , so ist

$$\max y = y_c + 0.125 \frac{M l^2}{EW}.$$

4. Die beiden Momente sind gleich und das Feld ist unbelastet (Mittelfeld).

In diesem Falle geht die Gleichung zur Bestimmung des n in eine lineare über und wird

$$-6n + 3 = 0,$$

daher

$$n = \frac{1}{2},$$

wie zu erwarten war. Es wird

$$y = \frac{l^2}{2EW} \cdot n(1-n) M,$$

demnach

$$\max y = 0.125 \frac{M l^2}{EW}.$$

5. Es ist $M' = 0$, $M'' = M$ und das Feld belastet (linkes Endfeld).

Dann dient zur Bestimmung des n die Gleichung:

$$n^3 - \frac{3}{2} \left(1 + \frac{2M}{p l^2} \right) n^2 + \frac{1}{4} + \frac{M}{p l^2} = 0;$$

ferner wird

$$y = \frac{l^2}{24EW} \cdot n(1-n) [p l^2 \{1 + n(1-n)\} + 4M(1+n)].$$

6. Es ist $M' = 0$, $M'' = M$ und das Feld unbelastet (linkes Endfeld). Dann wird

$$-3n^2 + 1 = 0,$$

somit

$$n = \frac{1}{3} \sqrt{3} = 0.57735,$$

$$y = \frac{l^2}{6EW} \cdot n(1-n^2) M$$

und

$$\max y = \frac{\sqrt{3}}{27} \cdot \frac{M l^2}{EW} = 0.06415 \cdot \frac{M l^2}{EW}.$$

7. Es ist $M''=0$, $M'=M$ und das Feld belastet (rechtes Endfeld). Dann wird die Gleichung zur Bestimmung des n

$$n^3 - \frac{3}{2} \left(1 - \frac{2M}{p l^2}\right) n^2 - 6 \frac{M}{p l^2} \cdot n + \frac{1}{4} + \frac{2M}{p l^2} = 0;$$

ferner wird

$$y = \frac{l^2}{24 E W} \cdot n (1-n) [p l^2 \{1 + n (1-n)\} + 4 M (2-n)].$$

8. Es ist $M''=0$, $M'=M$ und das Feld unbelastet (rechtes Endfeld). Dann wird

$$3n^2 - 6n + 2 = 0;$$

dies gibt für n den Werth

$$n = \frac{3 - \sqrt{3}}{3} = 0.42265.$$

Ferner wird

$$y = \frac{l^2}{6 E W} \cdot n (1-n) (2-n) M$$

und

$$\max y = \frac{\sqrt{3} M l^2}{27 E W} = 0.06415 \frac{M l^2}{E W}.$$

Das n in diesem Falle muss sich mit dem n im Falle 6) offenbar zu 1 ergänzen. Die Werthe für $\max y$ in 6) und 8) werden natürlich bei gleichem Normal-Moment gleich.

In der folgenden Tabelle sind diese verschiedenen Fälle zusammengestellt. Die erste Zeile in jeder Rubrik gibt die Gleichung zur Bestimmung des Ortes der Maximalbiegung, die zweite Zeile den Werth von y an einer beliebigen Stelle und die in einigen Rubriken vorkommende dritte Zeile den Werth von $\max y$.

Bezeichnung des Feldes	Das Feld ist	
	belastet	unbelastet
Linkes Endfeld	$n^3 - \frac{3}{2} \left(1 + \frac{2M}{p l^2}\right) n^2 + \frac{1}{4} + \frac{M}{p l^2} = 0$ $y = \frac{l^2}{24 E W} \cdot n (1-n) [p l^2 \{1 + n (1-n)\} + 4 M (1+n)]$	$n = \frac{1}{3} \sqrt{3} = 0.57735$ $y = \frac{l^2}{6 E W} \cdot n (1-n^2) M$ $\max y = \frac{\sqrt{3}}{27} \cdot \frac{M l^2}{E W} = 0.06415 \cdot \frac{M l^2}{E W}$
Zwischenfeld	$n^3 - \frac{3}{2} \left(1 + \frac{2(M'' - M')}{p l^2}\right) n^2 - 6 \frac{M'}{p l^2} \cdot n + \frac{1}{4} + \frac{2M' + M''}{p l^2} = 0$ $y = \frac{l^2}{24 E W} \cdot n (1-n) [p l^2 \{1 + n (1-n)\} + 4 M' (2-n) + 4 M'' (1+n)]$	$M' + \sqrt{\frac{1}{3} (M'^2 + M' M'' + M''^2)}$ $n = \frac{M' - M''}{M' + \sqrt{\frac{1}{3} (M'^2 + M' M'' + M''^2)}}$ $y = \frac{l^2}{6 E W} \cdot n (1-n) [M' (2-n) + M'' (1+n)]$
Mittelfeld	$n = \frac{1}{2}$ $y = \frac{l^2}{24 E W} \cdot n (1-n) [p l^2 \{1 + n (1-n)\} + 12 M]$ $\max y = \frac{l^2}{96 E W} \left(\frac{5}{4} p l^2 + 12 M\right)$	$n = \frac{1}{2}$ $y = \frac{l^2}{2 E W} \cdot n (1-n) M$ $\max y = 0.125 \frac{M l^2}{E W}$
Rechtes Endfeld	$n^3 - \frac{3}{2} \left(1 - \frac{2M}{p l^2}\right) n^2 - 6 \frac{M}{p l^2} \cdot n + \frac{1}{4} + \frac{2M}{p l^2} = 0$ $y = \frac{l^2}{24 E W} \cdot n (1-n) [p l^2 \{1 + n (1-n)\} + 4 M (2-n)]$	$n = \frac{3 - \sqrt{3}}{3} = 0.42265$ $y = \frac{l^2}{6 E W} \cdot n (1-n) (2-n) M$ $\max y = \frac{\sqrt{3}}{27} \cdot \frac{M l^2}{E W} = 0.06415 \frac{M l^2}{E W}$

Beispiel. Als Beispiel zur Berechnung der Durchbiegung möge der in der allgemeinen Bauzeitung vom Jahre 1873 beschriebene Thaya-Viaduct der österreichischen Nordwestbahn bei Znaim dienen. Derselbe ist ein continuirlicher Parallelträger über vier Oeffnungen, von welchen die beiden äusseren je 50^m die beiden mittleren je 60^m Stützweite haben.

Der Elasticitäts-Coëfficient des verwendeten Schmiedeeisens beträgt

$$E = 1,800.000 \text{ Kilogramm pro Quadrat-Centimeter,}$$

die zufällige Last

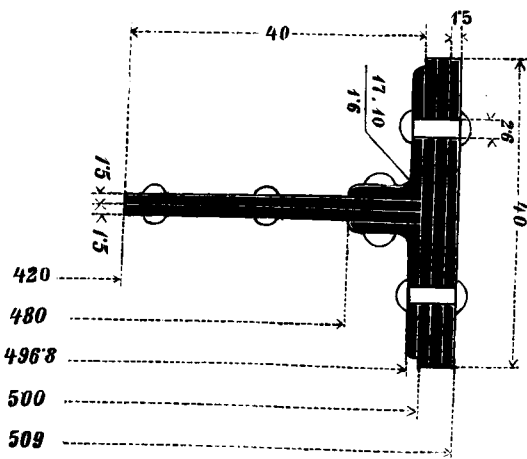
$$p = 2.16 \text{ Tonnen per laufenden Meter und Tragwand.}$$

Als constanter Querschnitt wird der den positiven Maximal-Momenten entsprechende Querschnitt in die Rechnung eingeführt (Fig. 5).

Das Trägheits-Moment desselben wird:

$$W = \frac{1}{12} [2 \times 1.5 (500^3 - 420^3) + 2 \times 1.6 (496.8^3 - 480^3) + 2 (17 - 2.6) (500^3 - 496.8^3) + (40 - 2 \times 2.6) (509^3 - 500^3)] = 41,586.899.3 \text{ Cm.}$$

Fig. 5.



Im ersten und dritten Felde tritt das Maximum der Durchbiegung ein, wenn das erste und dritte Feld belastet, die beiden anderen Felder jedoch unbelastet sind.

Bezeichnet man die Länge der äusseren Felder mit l_1 , die der mittleren mit l , die aufeinanderfolgenden Normal-Momente für die früher angenommene Belastung mit M_1 , M_2 und M_3 , so lauten die Normal-Gleichungen:

$$2 M_1 (l_1 + l) + M_2 l = -\frac{1}{4} p l_1^3,$$

$$M_1 l + 2 M_2 (l + l_1) + M_3 l = -\frac{1}{4} p l^3,$$

$$M_2 l + 2 M_3 (l + l_1) = -\frac{1}{4} p l^3.$$

Die Auflösung dieser Gleichungen gibt, wenn man

$$\frac{l}{l_1} = \mu \text{ setzt,}$$

$$M_1 = -\frac{\mu^4 - 2\mu^3 + 7\mu + 8}{16(3\mu + 4)(\mu + 1)} \cdot p l_1^2,$$

$$M_2 = -\frac{\mu^3 + 2\mu^2 - 1}{8(3\mu + 4)} \cdot p l_1^2,$$

$$M_3 = -\frac{5\mu^4 + 6\mu^3 + \mu}{16(3\mu + 4)(\mu + 1)} p l_1^2.$$

Im vorliegenden Beispiel ist

$$\mu = \frac{l}{l_1} = \frac{60}{50} = 1.2.$$

Substituiert man für μ diesen Werth, so erhält man:

$$M_1 = -0.04063 \cdot p l_1^2 = -0.02822 \cdot p l^2 = -219.423 \text{ Tonn.-Mtr.}$$

$$M_2 = -0.05934 \cdot p l_1^2 = -0.04121 \cdot p l^2 = -320.447 \quad "$$

$$M_3 = -0.08199 \cdot p l_1^2 = -0.05694 \cdot p l^2 = -442.784 \quad "$$

Erstes Feld. Nach der vorigen Tabelle ist die Gleichung zur Bestimmung des Ortes der Maximal-Durchbiegung

$$n^3 - \frac{3}{2} \left(1 + \frac{2 M_1}{p l_1^2} \right) n^2 + \frac{1}{4} + \frac{M_1}{p l_1^2} = 0.$$

Substituiert man für M_1 seinen Werth, so erhält man

$$n^3 - 1.37811 \cdot n^2 + 0.20937 = 0.$$

Die Auflösung dieser Gleichung gibt:

$$n = \frac{x}{l} = 0.484,$$

somit

$$x = 24.2^m.$$

Es findet demnach im ersten Felde die grösste Durchbiegung im Abstände von 24.2^m von dem Stützpunkte über dem Endpfeiler der Brücke statt.

Ferner ist für diesen Fall

$$y = \frac{l^2}{24 E W} \cdot n(1-n) [p l_1^2 \{1 + n(1-n)\} + 4 M_1 (1+n)].$$

Für $n = 0.484$ wird

$$y = \max y = 18.9^{mm}$$

Die bei der Belastungsprobe dieser Brücke beobachtete Durchbiegung betrug im ersten Felde bei Belastung des ersten und dritten Feldes 19.5^{mm} ; im vierten Felde bei Belastung des zweiten und vierten Feldes 19.0^{mm} .

Zweites Feld. Nach der Tabelle ist für ein unbelastetes Zwischenfeld

$$n = \frac{M_1 + \sqrt{\frac{1}{3}(M_1^2 + M_1 M_2 + M_2^2)}}{M_1 - M_2}.$$

Für M_1 und M_2 die Werthe gesetzt, erhält man:

$$n = \frac{x}{l} = 0.515,$$

somit

$$x = 30.9^m.$$

Die grösste Biegung in diesem Felde findet demnach im Abstände von 30.9^m von dem Stützpunkte über dem ersten Mittelpfeiler statt.

Ferner ist

$$y = \frac{l^2}{6 E W} \cdot n(1-n) [M_1 (2-n) + M_2 (1+n)].$$

Für n seinen Werth gesetzt, ergibt sich:

$$y = \max y = -16.2^{mm}.$$

Es findet also eine Hebung von 16.2^{mm} statt. Die Beobachtung ergab in diesem Felde 12^{mm} , und bei Belastung des zweiten und vierten Feldes fand im dritten Felde eine Hebung von 12.3^{mm} statt.

Bei der Belastungsprobe wurden die Hebungen an denselben Stellen beobachtet, an welchen die grössten Senkungen beobachtet wurden, also im zweiten Felde an einer Stelle, dessen $n = 0.509$ ist; die Differenz zwischen dem zugehörigen y und dem $\max y$ ist indess wegen der geringen Verschiedenheit der n äusserst gering.

Drittes Feld. Die Gleichung zur Bestimmung des n wird nach der Tabelle für ein belastetes Zwischenfeld

$$n^3 - \frac{3}{2} \left(1 + \frac{2(M_2 - M_3)}{p l^2} \right) n^2 - 6 \cdot \frac{M_2}{p l^2} \cdot n + \frac{1}{4} + \frac{2 M_2 + M_3}{p l^2} = 0.$$

Substituiert man für M_2 und M_3 die zugehörigen Werthe, so wird

$$n^3 - 1.45281 \cdot n^2 + 0.24726 \cdot n + 0.11064 = 0.$$

Hieraus ergibt sich für n der Werth

$$n = \frac{x}{l} = 0.491,$$

somit

$$x = 29.46^m.$$

Es findet somit das Maximum der Durchbiegung in diesem Felde in einem Abstände von 29.46^m von dem Stützpunkte über dem zweiten Mittelpfeiler statt.

Ferner ist für diesen Fall:

$$y = \frac{l^2}{24 E W} \cdot n(1-n) [p l^2 \{1 + n(1-n)\} + 4 M_2 (2-n) + 4 M_3 (1+n)],$$

für $n = 0.491$, wird

$$y = \max y = 25.8^{mm}.$$

Die Beobachtung ergab im dritten Felde für die früher angenommene Belastung 27.8^{mm} , im zweiten Felde bei Belastung des zweiten und vierten Feldes 26.5^{mm} .

Viertes Feld. Nach der Tabelle findet das Maximum der Biegung für

$$n = \frac{x}{7} = 0.423$$

statt, d. i. für

$$x = 21.15^m;$$

ferner ist

$$y = 0.06415 \cdot \frac{M_3 l_1^2}{E W}.$$

Für M_3 den Werth gesetzt, ergibt sich:

$$y = \max y = -9.5^{mm}.$$

Für $n = 0.516$, an der Stelle, an welcher die Hebung beobachtet wurde, ergibt die Rechnung $y = -9.1^{mm}$. Die Beobachtung ergab in diesem Felde -7^{mm} und im ersten Felde bei Belastung des zweiten und vierten Feldes -5.3^{mm} .

Nachweisung des Nutzens des Dampfhemdes.

Allgemeine Formeln für die Nutzleistung der Dampfmaschine.

Von

Emil Herrmann,

a. o. Professor an der k. u. Berg- und Forst-Akademie in Scheinitz.

Schon längere Zeit beabsichtigte ich auf Grundlage meiner Theorie des gesättigten Wasserdampfes den Einfluss des Dampfhemdes zu untersuchen, doch hielt ich den Gegenstand durch Herrn Dr. Weiss' Arbeit: „Die calorischen Einwirkungen der Cylinderwandungen“ etc., Zeitschrift des Architekten- und Ingenieur-Vereines zu Hannover, Band XX, Heft 1 1874, für erledigt.

Da aber Herrn Hallauer's Versuche und Analyse zweier Corliss-Maschinen, Civil-Ingenieur XX. Band, 5. Heft 1874, das stricte Gegentheil von dem nachwiesen, was Herr Dr. Weiss theoretisch begründete, so versuchte ich es schliesslich doch, die Frage zu erledigen, und glaube den Versuch als gelungen bezeichnen zu können.

Die Ursache des ungünstigen Erfolges, mit welchem Herr Dr. Weiss diese Frage behandelte, ist meiner Ansicht nach der grosse Umweg, welchen der geehrte Herr Verfasser machte, der ihn nöthigte, die unzuverlässigen Wärmeleitungs- und Strahlungs-Coëfficienten zu benützen. Auch verdecken die vielen complicirten Formeln die Grundsätze, auf welchen der mathematische Apparat ruht.

Die nachstehende Entwicklung gründet sich auf folgende Erwägungen:

1. Während des Beharrungszustandes muss der Wärmezustand des Cylinders nach jedem Doppelhube ein und derselbe sein. Der Cylinder muss somit alle empfangene Wärme wieder abgegeben haben. Diesen Satz benützt schon Herr Hallauer.

2. Nur jener Theil des im Cylinder condensirten Wassers, welcher im Dampfe als Bläschen suspendirt ist, wird als solches in den Condensator gerissen, alles als Thaubeschlag der Wände abgeschiedene Wasser verdampft, sobald die Communication mit dem Condensator hergestellt

wird, in der kürzesten Zeit, weil die Oberfläche, welche die hiezu nöthige Wärme liefert, sehr gross ist.

Wie viel Percent das mitgerissene Wasser beträgt, wird sich kaum theoretisch bestimmen lassen, nur genaue Versuche ähnlich jenen, welche Herr Hallauer so geschickt ausführte und analysirte, können allein Auskunft geben.

Bezeichnungen.

G^k , G_a^k und G_m^k beziehungsweise das Speisewasser, das durch die Maschine gehende Dampfgewicht und das im Hemde condensirte Dampfgewicht pro Schub.

p^k , p_1^k und p_c^k pro \square^m die Spannkraft des Dampfes im Kessel und während der Volldruck-Periode, am Ende des Hubes und des abströmenden Dampfes.

V , V_1 , V_c und V_o^{kbm} die Volumina der Volldruck-Spannung, am Ende des Hubes, des ausströmenden Dampfes und des schädlichen Raumes.

s , s_o , s_1 und s_c das spezifische Volumen des gesättigten Dampfes in der Röhrenleitung, während des Volldruckes, am Ende des Hubes und des abströmenden Dampfes.

v , v_o , v_1 und v_c die spezifischen Volumina des wirklich vorhandenen Gemisches von Dampf und Wasser.

t , t_o , t_1 und t_c die Temperaturen des Gemisches.

U , U_o , U_1 und U_c die Energie der Gewichtseinheit des Gemisches.

x , $(x-x_o)$, x_1 u. x_c der percentuelle Dampfgehalt des Gemisches.

Nutzleistung der Maschine ohne Hemd.

Während des Volldruckes condensiren x_o % Dampf von der Spannung p und geben die Verdampfungswärme, welche r Calorien per 1^k beträgt, an die Cylinderwandungen ab, weshalb dieselben

$$Q_1 = r x_o G$$

Calorien empfangen.

Die Wärme, welche der expandirende Dampf von den Cylinderwandungen erhält, ist

$$Q_2 = G (U_1 - U_o) + AL_c,$$

wenn L_c die Arbeit der Expansion bezeichnet.

Die Wiederverdampfung des Wassers während des Austrittes verbraucht die Wärmemenge:

$$Q_3 = G (U_c - U_1) + A p_c (V_c - V_1).$$

Die lebendige Kraft, welche in dem ausströmenden Dampfe aufgehäuft ist, braucht nicht berücksichtigt zu werden, da sie nur vorübergehend ist und sich wieder in Wärme umsetzt.

Betrachtet man die durch Strahlung verloren gehende Wärme als ebenfalls in den Condensator gehend, so muss

$$Q_1 - Q_2 = Q_3$$

sein.

Hiebei begeht man nur insofern einen Fehler, als man den percentuellen Dampfgehalt des abziehenden Dampfes

etwas höher annehmen muss, als er wirklich ist. Die letzte Gleichung schreibt sich auch

$$r x_o G - [G (U_1 - U_o) + A L_c] = G (U_c - U_1) + A p_c (V_c - V_1),$$

woraus die Arbeit der Expansion:

$$A L_c = r x_o G + G U_o - G U_c - A p_c (V_c - V_1).$$

Nach meiner Theorie ist aber

$$r = \frac{p (s - \sigma)}{C (b + t)}; U = \left[\frac{p}{C (b + t)} - A p \right] v + t,$$

weshalb, wenn $p = p_o$ genommen wird,

$$A L_c = G \left[\frac{x_o p (s - \sigma)}{C (b + t)} + \frac{p (x - x_o) (s - \sigma) + p \sigma}{C (b + t)} + t - \right.$$

$$\left. - A p v_o - \frac{p_c x_o (s - \sigma) + p_c \sigma}{C (b + t_c)} - t_c + A p_c v_c \right] - A p_c (V_c - V_1)$$

oder

$$A L_c = G \left[\frac{x p (s - \sigma) + p \sigma}{C (b + t)} + t - \frac{x_c p_c (s - \sigma) + p_c \sigma}{C (b + t_c)} - t_c \right] - A p V + A p_c V_1,$$

weil

$$G v_o = V \text{ und } G v_c = V_c.$$

$$\frac{L_c}{G \left(\frac{p v}{C (b + t)} + t - t_s \right)} = 424 \left\{ \frac{\frac{p v}{C (b + t)} + t}{\frac{p v}{C (b + t)} + t - t_s} - \frac{\frac{p_c v_c}{C (b + t_c)} + t_c}{\frac{p v}{C (b + t)} + t - t_s} \right\} - \frac{p V_o}{\left[\frac{p v}{C (b + t)} + t - t_s \right] G},$$

welche auch geschrieben werden kann:

$$l_c = 424 \left\{ 1 - \frac{\frac{p_c v_c}{C (b + t_c)} + t_c - t_s}{\frac{p v}{C (b + t)} + t - t_s} \right\} - \frac{p V_o}{G K}.$$

Die Nutzleistung einer in den Kessel gedrunenen Calorie ist somit um so grösser, je kleiner die Spannung des abströmenden Dampfes, je mehr desselben als Wasser austritt (weil v_c kleiner), je höher die Temperatur des Speisewassers, je grösser die Spannung des frischen Dampfes und je weniger Wasser demselben beigemischt ist. Der schädliche Raum ist um so schädlicher, je grösser er ist, je grösser die Admissions-Spannung, je kleiner das pro Schub verbrauchte Wasser und je mehr das Wasser vorgewärmt ist. Der schädliche Raum ist der einzige Grund, welcher gegen eine sehr starke Expansion spricht, weil bei gleicher Leistung der Maschine das Speisewassergewicht herabgesetzt wird.

Der Einfluss des schädlichen Raumes tritt jedoch in der Formel nicht ganz rein hervor, weil 1. das in demselben comprimerte Dampfgewicht nicht berücksichtigt ist; 2. die Zustandsveränderung, welche der frische Dampf bei der nahezu arbeitsfreien Erfüllung des schädlichen Raumes erleidet, nicht berücksichtigt erscheint. Ich glaube aber von diesen zwei Punkten absehen zu können, ohne in einen wesentlichen Irrthum zu verfallen. Die Formel zeigt ganz deutlich, dass es für jede Maschine einen günstigsten Expansionsgrad gibt; jedoch lässt sich derselbe ohne ausgiebiges Versuchsmaterial vorläufig noch nicht bestimmen.

Ohne Rücksicht auf den schädlichen Raum ist die Leistung der Maschine

$$A p V + A L_c - A p_c V_1 = G \left[\frac{p v}{C (b + t)} + t - \frac{p_c v_c}{C (b + t_c)} - t_c \right].$$

Mit Rücksicht auf den schädlichen Raum aber die vom Kolben empfangene Nutzleistung L_n :

$$I \dots \dots A L_n = G \left[\frac{p v}{C (b + t)} + t - \frac{p_c v_c}{C (b + t_c)} - t_c \right] - A p V_o.$$

Zieht man von

$$G \left(\frac{p v}{C (b + t)} + t \right)$$

die Wärmemenge $G t_s$, welche das Speisewasser vor seinem Eintritt in den Kessel enthält, ab, so erhält man die in den Kessel pro Schub übergangene Wärmemenge

$$G \left(\frac{p v}{C (b + t)} + t - t_s \right) = G K,$$

weshalb die Nutzleistung einer in den Kessel gedrunenen Calorie

Ja sogar eine günstigste Volldruck-Spannung lässt sich erwarten, leider aber noch nicht berechnen.

Eine wichtige Frage ist die: wie viel des Gemisches tritt als Dampf und wie viel als Wasser aus und welchen Einfluss hat der Wassergehalt des Dampfes am Ende der Expansion auf den Wassergehalt des austretenden Dampfes? Hierauf kann man, wie ich glaube, nur nach einer grossen Reihe von Versuchen antworten, jedoch scheint zwischen den erwähnten Grössen kein sehr inniger Zusammenhang zu bestehen, wie dies die Hallauer'schen Versuche darthun.

Aus der Gleichung I lässt sich der Wassergehalt des austretenden Dampfes bestimmen.

$$v_c = x_c s_c + (1 - x) \sigma = \frac{\frac{A L_n + A p V_o}{G} + \frac{p v}{C (b + t)} + t - t_c}{\frac{p_c}{C (b + t_c)}}$$

Da man $(1 - x_c) \sigma$ ohneweiters gegen $x_c s_c$ vernachlässigen kann, auch

$$x_c = \frac{\frac{A L_n + A p V_o}{G} + \frac{p v}{C (b + t)} + t - t_c}{\frac{p_c s_c}{C (b + t_c)}}$$

Nach Herrn Hallauer's Versuchen mit der Corliss-Maschine ohne Dampfhemd ist

$$p = 51550^k \quad t = 152 \cdot 24 \quad x = 0 \cdot 955 \quad p_c = 1246^k \\ V_o = 0 \cdot 00716^{kbn} \quad L_n = 2602 \cdot 3^{mk} \quad p V_o = 369 \cdot 1^{mk}, \\ \text{weshalb } L_n + p V_o = 2971 \cdot 4^{mk} \quad G = 0 \cdot 1122^k, \quad t_c = 50^\circ.$$

Nach der Tabelle findet man

$$\frac{p v}{C(b+t)} + t = 629.71.$$

$$\frac{p_c s_c}{C(b+t_c)} = 572.31,$$

weshalb

$$x = \frac{629.71 - 62.46 - 50}{572.31} = \frac{517.25}{572.31} = 0.9037.$$

Der abströmende Dampf enthält daher rund 9% Wasser.

Maschine mit Dampfhemd.

Auch bei dieser Maschine gelten die zwei Grundsätze, obgleich der Cylinder auch von aussen geheizt wird.

Die Wärmemenge, welche der Cylinder empfängt, ist nun

$$Q_1 = G_m r x + r x_c G_a,$$

wenn man nämlich annimmt, dass die Spannung im Dampf-mantel, jener in der Volldruck-Periode gleich sei, was allerdings nicht ganz richtig ist, jedoch keinen wesentlichen Fehler nach sich zieht. Die Wärmemenge, welche der Cylinder an den expandirenden Dampf abgibt, ist:

$$Q_2 = G_a (U_1 - U_0) + A L_e.$$

Die Wiederverdampfung des Wassers während des Abströmens erfordert die Wärmemenge:

$$Q_3 = G_a (U_c - U_1) + A p_c (V_c - V_1).$$

Rechnet man so, als ob die durch Strahlung verloren gehende Wärme ebenfalls in den Condensator überginge, so muss

$$Q_1 - Q_2 = Q_3 \text{ sein.}$$

$$\frac{L_n}{G \left[\frac{v p}{C(b+t)} + t - t_s \right]} = 424 \left\{ 1 - \frac{G_a \left[\frac{v_c p_c}{C(b+t_c)} + t_c - t_s \right] + G_m \left[\frac{p \sigma}{C(b+t)} + t - t_s \right] + A p V_o}{G \left[\frac{v p}{C(b+t)} + t - t_s \right]} \right\}^*.$$

Der percentuelle Dampfgehalt des abziehenden Gemisches aber ist

$$x_c = \frac{G \left[\frac{v p}{C(b+t)} + t \right] - G_m \left[\frac{p \sigma}{C(b+t)} + t \right] - A [L_n + p V_o] - G_a t_c}{G_a \frac{p_c s_c}{C(b+t_c)}}.$$

Nach Herrn Hallauer's Angaben war bei der Cor-liss-Maschine mit Hemd:

$$G = 0.1253^k, \quad p = 52240^k, \quad x = 0.05, \quad t = 152.86^\circ, \\ G_m = 0.0048^k, \quad L_n = 3705.0^{mk}, \quad p V_o = 374.0^{mk}, \\ V_o = 0.00716^{kbm}, \quad p_c = 2327^k, \quad t_c = 63^\circ, \quad G_a = 0.1205^k.$$

Berechnet man aus diesen Angaben x_c , so findet man

$$x_c = 89.39\%,$$

also geringer als bei der Maschine ohne Dampf-mantel, trotzdem am Ende der Expansion der Dampf im Cylinder mit Mantel nur circa 15% Wasser vorhanden war, während in jenem ohne Mantel dieser Gehalt circa 42% betrug.

*) Statt t_s wäre eigentlich zu schreiben $t_s + \frac{p_c \sigma}{C(b+t_s)}$, da aber die Temperatur des Speisewassers ohnehin keine so vollkommen constante und genau bekannte, so kann das unbedeutende zweite Glied füglich weggelassen.

Substituirt man obige Werthe, so bemerkt man, dass, mit Ausnahme von $G_m r x$, alle jene Glieder vorkommen, welche bei der Maschine ohne Hemd erscheinen; nur sind sie hier mit G_a , wogegen sie dort mit G multiplicirt erscheinen; sonach wird

$$A L_e = G_m r x + G_a \left[\frac{v p}{C(b+t)} + t - \frac{p_c v_c}{C(b+t_c)} - t_c \right] - A p V + A p_c V_1.$$

$$\text{Da nun } r = \frac{p(s-\sigma)}{C(b+t)}, \text{ also } x r = \frac{x p(s-\sigma)}{C(b+t)}$$

oder auch

$$x r = \frac{x p(s-\sigma) + p \sigma}{C(b+t)} - \frac{p \sigma}{C(b+t)} = \left[\frac{p v}{C(b+t)} + t \right] - \left[\frac{p \sigma}{C(b+t)} + t \right]$$

so wird

$$A L_e = G \left[\frac{v p}{C(b+t)} + t \right] - G_a \left[\frac{v_c p_c}{C(b+t_c)} + t_c \right] - G_m \left[\frac{p \sigma}{C(b+t)} + t \right] - A p V + A p_c V_1,$$

woraus die vom Kolben empfangene Nutzleistung

$$\text{II} \dots A L_n = G \left[\frac{v p}{C(b+t)} + t \right] - G_a \left[\frac{v_c p_c}{C(b+t_c)} + t_c \right] - G_m \left[\frac{p \sigma}{C(b+t)} + t \right] - A p V_o.$$

Speist die Maschine t_s Grad warmes Wasser, so ist die Nutzleistung einer in den Kessel überangenen Calorie

Der grössere Wassergehalt des aus dem Cylinder mit Mantel tretenden Dampfes lässt sich nicht als unmittelbare Wirkung des Mantels ansehen, sondern man muss eine andere Erklärung suchen.

Es kann nun sein, dass der höher gespannte Dampf mehr Wasser mitreissen könne, oder es war der Kolben der Maschine mit Mantel dichter als jener der Maschine ohne Mantel; endlich konnte die mitgerissene Wassermenge des frischen Dampfes etwas fehlerhaft bestimmt sein. Ich will letzteres voraussetzen, weil es 1. dem Werthe der Versuche nicht den geringsten Abbruch thut, und weil es 2. die Vergleichung zweier Maschinen gleich guten Zustandes ermöglicht. Nehme ich an, dass der Dampf bei seinem Austritte ebenfalls $x_c = 90.37\%$ Wasser enthält, wie bei der Maschine ohne Mantel, so muss der frische Dampf nur $x = 4\%$ mitgerissenes Wasser enthalten haben, was durchaus nicht unmöglich ist.

Aus diesen Rechnungen geht nun hervor, dass der Wassergehalt des abströmenden Dampfes durch das Vorhandensein oder Fehlen des Mantels nur unwesentlich modificirt wird, wenn nur überhaupt am Ende der Expansion noch etwa 10% Wasser vorhanden ist.

Ferner ist es für sich klar, dass bei verschiedenen grossen Maschinen mit und ohne Dampfmantel die Expansion immer so regulirt werden kann, dass die Spannkraft des austretenden Dampfes sowohl als jene des zuströmenden, bei gleicher Speisewassermenge, gleich sei.

Natürlich sind dann die nützlichen Leistungen, welche der Kolben empfängt, verschieden, und zwar bei der Maschine mit Mantel grösser. Pro in den Kessel gedrungener Calorie beträgt dieser Unterschied:

$$\Delta_{mk} = 424 \frac{G_m}{G} \frac{\frac{v_c p_c}{C(b+t_c)} + t_c - \frac{p \sigma}{C(b+t)} - t}{\frac{v p}{C(b+t)} + t - t_c} + \frac{p V_o - p V_i}{G K}$$

woraus man ersieht, dass das Dampfhemd um so vorteilhafter ist, je mehr Dampf darin condensirt und je geringer die Temperatur des frischen Dampfes ist. Da ferner

$\frac{v_c p_c}{C(b+t_c)} + t_c$ bis zu einer gewissen Grenze nur langsam abnimmt, wenn die Spannung am Ende der Expansion abnimmt, wogegen dann G_m ziemlich rasch wächst, so wird der Vortheil des Dampfhemdes bis zu einem Maximal-Expansionsgrade mit dem Expansionsgrade zu nehmen.

Aber selbst bei geringem Expansionsgrade kann der Dampfmantel nicht schädlich werden, im schlimmsten Falle ist er unnütz.

Was nun die im Mantel condensirende Wassermenge anbelangt, erscheint es sehr wahrscheinlich, dass man dieselbe mit Hilfe der Wärmeleitungs-Coëfficienten wird bestimmen können, doch muss vorerst ein grösseres Versuchsmaterial vorliegen.

Obwohl die Formeln I und II die ganz genaue Bestimmung der Leistung und Dimensionen einer neu zu erbauenden Maschine noch nicht gestatten, so lange der Einfluss der Spannung und des Wassergehaltes des Dampfes am Ende der Expansion auf die Spannung und den Wassergehalt des ausströmenden Dampfes nicht genau ermittelt ist, so geben sie uns dennoch das Mittel an die Hand, den Speisewasserbedarf und die Leistungsfähigkeit einer in den Kessel gedrunenen Calorie schon jetzt genauer zu ermitteln, als es auf Grundlage der älteren Formeln geschehen konnte.

Rechnen wir z. B. die Maschine durch, deren Angaben in Herrn Dr. Zeuner's „Grundzüge der mechanischen Wärmetheorie“, Seite 500, 511 u. 518, behandelt erscheinen.

Nach unserer Bezeichnungsweise wäre

$$p = 4.5^a = 46498^k \text{ pro } \square^m.$$

Volumen des Kolbenshubes $V_i - V_o = 0.29698^{kbm}$,
schädlicher Raum $V_o = 0.1485^{kbm}$ $V - V_o = 0.04949^{kbm}$,
 $V = 0.06434^{kbm}$, $V_i = 0.31183^{kbm}$, $p_c = 0.2^a = 2067^k \text{ pro } \square^m$,
wogegen die Spannung im Condensator $p_c' = 0.1^a = 1033^k$

pro \square^m , somit die Temperatur des Speisewassers $t_s = 46.25^\circ$ beträgt.

Nach Herrn Hallauer's Versuchen beträgt das dem frischen Dampfe beigemengte Wasser 4–6%, im Durchschnitte also 5%, weshalb $x = 0.95$. Aus eben diesen Versuchen zeigt es sich, dass die Arbeit der Expansion für nicht allzu grosse Expansionsgrade nach der Formel

$$L_e = \frac{p V}{1-\alpha} \left[\left(\frac{V_i}{V} \right)^{1-\alpha} - 1 \right]$$

gerechnet werden kann, wo $\alpha = 0.93^*$.

Die Substitution obiger Werthe liefert $L_e = 4992.7^{mk}$

Hiezu kommt die Arbeit des Volldruckes $p(V - V_o) = 2301.2^{mk}$

Zusammen . . . 7293.9^{mk}

Abzuziehen ist die Arbeit des Gegen-

druckes $p_c(V_i - V_o) = 613.9^{mk}$

Bleibt als Nutzleistung pro Schub: . . . $L_n = 6680.0^{mk}$,
welche der Kolben empfängt.

Dagegen ist $L_e + p V_o = 6680 + 690.5 = 7370.5^{mk}$
oder in Calorien $A(L_e + p V_o) = 17.39^\circ$.

Ferner findet man nach meinen Formeln

$$\frac{p v}{C(b+t)} + t = 626.84^\circ; \text{ und } \frac{p_c v_c}{C(b+t_c)} + t_c = 568.87^\circ$$

wenn man voraussetzt, dass der abströmende Dampf 10% Wasser enthält. Aus Gleichung I ergibt sich nun das nöthige Dampfgewicht pro Schub $G = 17.39 : 57.97 = 0.3^k$.

Würde die Maschine einen vollkommenen Carnot'schen Kreisprozess zwischen den Temperaturgrenzen $t = 148.39^\circ$ und $t_s = 46.25^\circ$ durchführen, so wäre die vom Kolben empfangene Nutzleistung für je eine in den Kessel gedrungene Calorie

$$l = 424 \frac{148.39 - 46.25}{273 + 148.39} = 103^{mk}.$$

Thatsächlich ist sie nur

$$l' = 424 \left\{ 1 - \frac{568.87 - 46.25}{626.84 - 46.25} \right\} - \frac{690.5}{0.3 \cdot 580.59} = 35.21^{mk},$$

d. h. der Nutzeffects-Coëfficient der Maschine beträgt

$$35.21 : 103 = 0.342 \text{ oder } 34.2\%,$$

während Herr Dr. Zeuner findet (Seite 518):

1. Effectverlust in Folge der Unvollkommenheit des Processes $\zeta_1 = 0.0882$
2. " " " des schädlichen Raumes $\zeta_2 = 0.0414$
3. " " " unvollständiger Expansion $\zeta_3 = 0.2358$
4. " " " der Differenz zwischen Kessel und Admissionsdruck . $\zeta_4 = 0.0174$.

Die übrigen bei Zeuner aufgeführten Verluste gehören nicht hieher, weil wir nur die vom Kolben empfangene nützliche Arbeit betrachten. Die Summe der Effectverluste beträgt sonach

*) Völker fand $\alpha = 1$. Hallauer für 13.6fache Expansion $\alpha = 0.90$, was jedoch für die Bestimmung der Arbeit schon zu klein, weil letztere um 11.4% grösser gefunden wird als die planimetrirte Arbeit aus dem Diagramme.

$$\Sigma \zeta = 0.3828,$$

daher der Nutzeffects-Coëfficient nach Zeuner

$$100 - 38.3 = 61.7\%,$$

somit nahezu 180% vom wirklichen.

Wollen wir die Maschine mit einem hydraulischen Motor vergleichen, so haben wir die disponible Arbeit zu bestimmen, also die noch übrigen bei Zeuner aufgeführten Effectverluste abzuziehen; dieselben sind nach Zeuner, Seite 518:

5. Effectverlust in Folge der Differenz zwischen Gegendruck und äusserem Druck $\zeta_1 = 0.0309$
 6. " " " des constanten Widerstandes der Maschine $\zeta_2 = 0.0216$
 7. " " " des veränderlichen Widerstandes . . $\zeta_3 = 0.0850$
- zusammen . . $\Sigma \zeta = 0.1375$.

Dies ist abzuziehen von 34.2%, bleibt also

$$\eta = 20.5\%.$$

Wären die letzten drei Effectverluste nicht zu hoch gegriffen, so könnte der Constructeur nicht einmal für 29.3% garantiren, wie es ihm die Morin-Poncelet'schen Regeln gestatten. Nehmen wir 14% der am Kolben abgegebenen Arbeit als Widerstände, so ist der wahre Nutzeffects-Coëfficient der Maschine

$$34.2 \times 0.86 = 29.4\%,$$

genau so, wie es Morin-Poncelet vorschreiben.

Die betrachtete Maschine ist somit schlechter als ein mittelmässig gutes unterschlächtiges Wasserrad.

Um Missverständnissen vorzubeugen, will ich die Anwendung des Nutzeffects-Coëfficienten $\eta = 0.294$ noch beleuchten.

Setzt man voraus, dass thatsächlich das Volumen $V = 0.06434^{k\text{bm}}$ mit frischem Dampfe gefüllt werde, dass also pro Schub 0.3^k Dampf verbraucht wird, so beträgt die disponible Arbeit der Maschine pro Schub

$$L_d = 424 \frac{148.39 - 46.25}{273 + 148.39} \times 0.294 (626.84 - 46.25) \times 0.3,$$

$$\text{d. i. } L_d = 5274^{\text{mk}}.$$

Macht die Maschine, wie Herr Dr. Zeuner voraussetzt, pro Secunde einen Schub, so kann man $N_d = 70.3$ Pferdekräfte ableiten.

Rechnet man aber, wie Morin-Poncelet, dass die Maschine nur jenes Dampfgewicht pro Schub verbraucht, welches als Dampf $\frac{1}{6}$ des Volumens des Kolbenschubes erfüllt, dass somit

$$G = \frac{0.04949}{0.95 s + 0.05 c} = 0.1298^k,$$

dann ist die disponible Arbeit (abgesehen von der nun etwas günstigeren Expansion)

$$L_d^a = 424 \frac{148.39 - 46.25}{273 + 148.39} \times 0.294 (626.84 - 46.25) \times 0.1298,$$

d. i. $L_d = 2282^{\text{mk}}$ oder bei einem Schub pro Secunde $N_d = 30.4$ Pferdekräfte.

Kleinere Mittheilungen.

Ueber Grundeinlösung bei Eisenbahnen. Von G. Rupprecht, Ober-Ingenieur der Prag-Duxer Eisenbahn.

Die Schwierigkeiten, welche sich der Durchführung von Grundeinlösungen für Eisenbahnbauten entgegen stellen, wachsen in dem Maasse der Entstehung neuer Linien, und erreichen dort, wo die neu zu errichtende Bahn sich in geringer Entfernung von bestehenden Bahnen bewegt, gegenwärtig einen nicht zu unterschätzenden Höhepunkt.

Jedem ausführenden Ingenieur sind diese Schwierigkeiten, welche den Baubeginn verzögern, die Dispositionen des Baues wesentlich beeinträchtigen und durch den bei unseren Bahnen meist knapp zugemessenen Eröffnungstermin auf die Solidität der Ausführung höchst nachtheiligen Einfluss üben, männiglich bekannt.

Die meisten der Herren Grundeigenthümer, welche im allgemeinen Interesse der Gegend so angelegentlich um eine Eisenbahn petitioniren, die tracirenden Ingenieure mit Freuden begrüßen, verstehen es gar wohl, wenn es dazu kommt, ihren Gemeinsinn dem Unternehmen gegenüber zu bethätigen, ihre besonderen Interessen zu wahren, und dort, wo bereits Bahnen die Gegend durchziehen, findet man unter den Grundbesitzern meist technische Juristen, die nicht nur auf die Bauausführung ihren belehrenden Einfluss üben wollen, sondern auch mit allen Wegen und Recursen des Grundeinlösungs-Vorganges vortrefflich vertraut sind. Der Boden erreicht mit jeder neuen Bahn einen immer grösseren Werth, der Schotter wird zum Humus, die Umwege werden nach Minuten berechnet und die Grundsteuer-Regulirungs-Commission würde, wollte sie mit der Grundeinlösungs-Commission gleichzeitig tagen, an den nachgewiesenen Erträgen ihre grosse Freude haben.

Um nun durch die Grundeinlösung namentlich dort, wo grosse und schwierige Bauarbeiten zu bewältigen sind, nicht aufgehalten zu sein, entschliesst sich die Bahngesellschaft zumeist, im gütlichen Wege den Grund und Boden um den 5- bis 10fachen Betrag des wirklichen Werthes zu erwerben, der sich aus den Grundbüchern nachweisen lässt.

Doch kommen bei jedem Bahnbaue Fälle vor, wo selbst mit den grössten Bemühungen und Opfern ein halbwegs annehmbares und zu rechtfertigendes Uebereinkommen rücksichtlich der Grundeinlösung nicht zu treffen ist, und in diesem Falle erübrigt nun dem Bauherrn nichts, als den Weg der Expropriation zu betreten.

So wohlthätig dieses Recht für die Ausführung von grossen Unternehmungen wie das einer Eisenbahn wirkt, so beeinträchtigt die lange Procedur der Ausführung dieses Vorganges den Vortheil um ein Beträchtliches.

Für den bauführenden Ingenieur ist der Eröffnungstermin und mit diesem in innigem Zusammenhange der Tag der Inangriffnahme des Baues in hohem Grade maassgebend; der Werth des Bodens wird ja ohnedies auf alle Fälle durch Sachverständige beider Parteien ermittelt. Der Vorgang in Oesterreich gestattet aber der expropriirten Partei eine Reihe von Recursen durch alle Instanzen, und wenn diese betreten werden, rückt die Zeit der Schätzung und des richterlichen Ausspruches immer weiter hinaus. — Nach diesem Ausspruche aber darf erst factischer Besitz von dem Objecte ergriffen, das heisst: der Bau begonnen werden. Von der ersten gütlichen Verhandlung bis zu diesem Tage ist nun nicht selten ein halbes, ja unter schwierigen Fällen ein ganzes Jahr verflossen, ein Zeitraum, der bei einem Eisenbahnbaue, wo jeder Tag ausgenützt werden soll, von maassgebendster Bedeutung ist und unerschwingliche Verluste herbeiführen kann.

In wesentlichem, vortheilhaftem Gegensatze zu unserem Verfahren ist der Vorgang in anderen Ländern, beispielsweise in Sachsen.

Hier wird in den meisten Fällen gar keine Einigung versucht, sondern man schreitet, da die Nothwendigkeit der amtlichen Constaturierung einer Nichteinigung hier entfällt, sofort nach Genehmigung der Pläne zur Expropriation. — Gegen die nach Beschluss der Stände ertheilte Bewilligung zur Expropriation gibt es keinen Recurs, oder ist selber, wenn versucht, ohne Erfolg.

Nach vorgenommener Schätzung durch die vom Gerichte bestimmten Sachverständigen (gegen welche ebenfalls keine Einsprache statthaft ist) tritt im Expropriations-Termine die Arealüberweisung ein, wodurch die Bahn gegen Erlag der entsprechenden Caution zu Händen des Gerichtes sofort mit dem Baue beginnen kann, obwohl es der Partei frei

steht, für die etwa gestellten höheren Ansprüche noch 2 weitere Instanzen zu verfolgen.

Das ganze Verfahren vom Einschreiten um Expropriation, also Genehmigung der Pläne, bis zur Arealüberweisung, d. i. bis zum Beginne des Baues, dauert gewöhnlich 2 Monate, im ungünstigsten Falle 3 Monate.

Nach oben Gesagtem wäre es daher in hohem Grade für neu zu erbauende Eisenbahnen von Wichtigkeit, wenn im Wege der Gesetzgebung das Expropriationsverfahren dahin abgeändert werden möchte, dass gegen ein Expropriations-Erkenntniss der hohen Statthalterei kein Recurs statthaft wäre, und dasselbe sofort in Rechtskraft trete. — Es würde hiedurch der Zeitpunkt der Schätzung, somit der Angriffsmoment des Baues, um eine kostbare Spanne Zeit näher gerückt und dann erst das Recht der Expropriation, wie es in anderen Ländern üblich ist, jene Unterstützung dem Eisenbahn-Unternehmen gewähren, welche letztere namentlich im gegenwärtigen, dem Eisenbahnbau so ungünstigen Augenblicke und bei den herrschenden grossen Ansprüchen der Grundbesitzer, von der Regierung anzusprechen gezwungen ist, um die Durchführung neuer Linien zu ermöglichen.

Controle der Schmiedeseisen-Brücken. — Jedem bauleitenden Brücken-Ingenieur dürfte gelegentlich der Montage einer oder der anderen grösseren Eisen-Construction von einem Laien die Frage gestellt worden sein: „Hält denn die Brücke auch?“ Mit dem Hinweis, dass durch das hohe Handels-Ministerium eine fünffache Sicherheit vorgeschrieben ist und durch die erfolgende, gesetzlich vorgeschriebene Belastungsprobe wird der Laie beruhigt und das Gesetz erfüllt.

Mehr Berechtigung erhält aber die Frage nach der Zeitdauer einer Eisen-Construction.

Aber auch diese Frage kann der Techniker mit Bestimmtheit dahin beantworten, dass er noch durch Decennien von Jahren vor einer strafgerichtlichen Verfolgung geschützt ist.

In welcher Zeit aber die Eisen-Construction anfängt baufällig zu werden, darüber existiren noch gar keine Erfahrungen; wohl aber geben uns die ziemlich häufig vorkommenden Achsbrüche des rollenden Bahnmaterials und die dadurch hervorgerufenen Entgleisungen einen Fingerzeig, dass auch constructiv richtiges, dem Constructeur genügende Sicherheit bietendes und qualitativ tadelloses Eisenmaterial mit der Zeit brüchig wird.

Diese und noch manche andere Erfahrungen weisen uns darauf hin, zu fragen, ist es denn nicht nöthig, bei den Eisen-Constructionen, durch deren Baufälligkeit bei der heutigen beträchtlichen Anzahl derselben die öffentliche Sicherheit wohl ziemlich stark beunruhigt würde — ist es denn nicht nöthig, da eine Controle zu üben? Ferner, gibt es sichtbare Anhaltspunkte, um eine Controle leicht üben zu können, und wann soll die Controle eigentlich beginnen?

Es sei daher folgende Zusammenstellung bekannter Thatsachen gestattet.

I. Durch eine fortwährende ruhige Beanspruchung des Schmiedeseisens auf Zug ändert sich die Lagerung der Molecule zu einander, es geht die ursprünglich sehnige Textur in eine körnige über; das Schmiedeseisen nimmt hiedurch Eigenschaften an, die nicht nur bezüglich seiner Textur, sondern auch in chemischer (?) Beziehung*) dasselbe dem Gusseisen nähern. Damit Hand in Hand, ändert sich auch die Widerstandsfähigkeit des Materiales; es ist mit der Zeit nicht mehr die ursprünglich in Rechnung genommene Widerstandsfähigkeit des Schmiedeseisens vorhanden, sondern eine für Zug bedeutend geringere, der Widerstandsfähigkeit des Gusseisens auf Zug sich nähernde, die Hälfte, wenn nicht gar ein Drittel der der Rechnung zu Grunde liegenden. Dieses tritt bei ruhiger Belastung ein; um so eher tritt diese Aenderung der Lage der Molecule bei einer Belastung durch einen über die Brücke fahrenden Zug, durch die dabei unvermeidlichen Stösse der Maschine und Wagen, das hiedurch erzeugte Erzittern und Vibriren sämtlicher Constructionstheile ein. In welcher Zeit nun diese Aenderungen eintreten, darüber existiren keine Erfahrungen und wird voraussichtlich erst eine sehr späte Zeit den nöthigen Aufschluss geben. Jedenfalls aber geht aus dem Gesagten die Nothwendigkeit eines Achtens auf derartige Zustände, die Nothwendigkeit einer Controle hervor.

*) Ist noch nicht unumstösslich nachgewiesen.

Bemerkt sei, dass zwar bei einem System von eisernen Brücken, den Kettenbrücken, einige Gesellschaften eine diesbezügliche Controle durchführen, indem nach einem normirten Turnus die Glieder ausgewechselt und geprüft werden.

Dieses Brücken-System ist aber bei Bahnen durch eine kaum nennenswerthe Anzahl von Objecten vertreten.

II. Einen weiteren sehr beachtenswerthen Factor bildet der Verband der einzelnen Constructionstheile, der Nietverband.

Jeder Brücken-Ingenieur, welcher die Montage-Arbeiten überwacht, weiss, dass gar keine Brücke montirt wird, in welcher nicht lose Nieten, Nieten, welche, mit dem Hammer angeschlagen, einen dumpfen Klang geben, entweder in der Längsachse oder — constructiv schlechter — senkrecht zu derselben bewegt werden können, in ziemlich beträchtlicher*) Zahl vorkommen. Jeder Ingenieur wird zwar dieselben nach bestem Wissen entfernen und durch ordentliche ersetzen lassen; aber trotz der besten Controle während der Montage bleiben noch Nieten in der Brücke, die zwar durch den Anschlag mit dem Hammer nicht erkennen lassen, dass sie nicht vollständig ihr Nietloch ausfüllen, welche aber nach einiger Zeit der Benützung der Brücke lose werden müssen. Ja, selbst ein vollständig guter Niet wird auch mit der Zeit durch die Vibrationen der Construction seine Spannung, die ihm durch den warm aufgesetzten Nietknopf gegebene Pressung, verlieren und muss durch das fortwährende Belasten und Entlasten, durch diese Bewegung, sich im Nietloch abnutzen, mit der Zeit lose werden und schliesslich, da für ihn das unter I. Gesagte gilt, auch brüchig werden.

Dass also auch hiefür eine Controle geübt werden soll, braucht wohl nicht weiter erörtert zu werden.

III. Nur erwähnt sei der Einfluss, den bei der Montage nicht beachtete, halb oder auch gar nicht gespannte Zugbänder haben; dass hiedurch ganz unverhältnissmässige Ueberanstrengungen des Materiales vorkommen können, ist selbstverständlich und ist wohl jeder denkende Ingenieur bemüht, diese falschen Spannungen zu vermeiden, weshalb hier auch nicht weiter darüber gesprochen werden soll.

IV. Die Controle bezüglich der Witterungseinflüsse — Ablösen des Anstriches, Oxydation des Eisens — wird wohl überall geübt, da diese Mängel meist direct merkbar sind.

Das wären die Thatsachen, die uns die Nothwendigkeit einer Controle constataren.

Es entsteht nun die Frage: „Wie lässt sich die durch I. und II. als nothwendig hingestellte Controle durch äussere Erscheinungen fixiren?“

ad I. Das sehnige Schmiedeseisen dehnt sich bei einer Belastung bis zu seiner Elasticitätsgrenze bekanntlich gleichförmig aus und geht nach der Entlastung wieder in seine ursprüngliche Lage zurück. Durch die Aenderung der Lage der Molecule wird aber auch die Elasticität eine immer geringere, und zwar wird sie sich beiläufig im selben Verhältnisse ändern, wie sich der Elasticitäts-Modul von sehnigem Schmiedeseisen zu dem von Gusseisen verhält, wie 2 : 1.

In anderen Worten: Wenn einen sehnigen Schmiedeseisenstab eine Kraft P so weit ausdehnt, dass er nach der Entlastung wieder in seine ursprüngliche Lage zurückgeht, — eine geringe Vermehrung der Kraft P aber eine bleibende Streckung erzielen würde, so darf ein nach I molecular geänderter Schmiedeseisenstab nur mehr mit $\frac{P}{2}$ belastet werden, um nach der Entlastung wieder in seine alte Lage zurückzukehren; eine geringe Vermehrung von $\frac{P}{2}$ würde dem Stabe eine bleibende Streckung ertheilen.

Aus dem Gesagten resultirt, dass sich durch die moleculare Aenderung des Schmiedeseisens bei einer Belastung der Brücke die Form der elastischen Linie ändern wird, ja es kann sich auch eine bleibende Streckung ergeben; beides lässt sich am besten an den Concentrations-Punkten der Kräfte, an den Knotenpunkten constataren.

Vermehrt wird diese Einsenkung und zuerst merkbar durch den Einfluss der unter II angegebenen Thatsache.

Nieten, welche bei der Untersuchung durch ihre Kopfpressung nicht erkennen lassen, dass sie ihr Nietloch nicht vollständig ausfüllen, welche also erst nach längerem Befahren lose werden, sind für den Niet-

*) Nur bei schleuderhafter Anarbeitung kann die Zahl der fehlerhaften Nieten eine beträchtliche sein.

verband fast nutzlos. Bei einer Belastung werden die guten, richtig geschlagenen Niete, welche ihr Nietloch vollständig ausfüllen, die ganze Belastung übernehmen müssen, sie werden mehr belastet, als ihnen der Constructeur zugemuthet hat. Die erste Folge ist, dass die für den Nietverband so wohlthätige Pressung der warm aufgesetzten Nietköpfe und die dadurch bedingene Friction aufhört, — ein Zugband wird z. B. nicht mehr vollständig an das Stehblech angepresst. In zweiter Linie findet mit der Zeit keine vollständige Inanspruchnahme des Bolzens auf Abscheerung mehr statt; der überlastete Niet wird, weil das Zugband nicht mehr vollständig anliegt, gestreckt, und zwar so lange, bis die losen Niete durch das Sinken der Gurtung in Wirksamkeit kommen; dabei ist aber nicht zu übersehen, dass die ursprünglich guten Niete bereits überlastet sind.

Dass ein derartiger Zustand sehr schädlich für den Nietverband ist, braucht wohl nicht mehr auseinanderzusetzen zu werden.

Nach dem Gesagten wird also auch die unter II angeführte Thatsache durch ein Sinken der directen Angriffspunkte der Kräfte an den Tragwänden zu erkennen sein.

Falls der dritte Punkt nicht beachtet sein sollte, so bedarf es wohl keiner weiteren Auseinandersetzung, dass sich dieser Einfluss auch durch ein Sinken des überangestregten Constructionstheiles markirt.

Durch diese Zusammenstellung sind also die Knotenpunkte der Kräfte, die Angriffspunkte der Streben, als die von einer Controle in's Auge zu fassenden Constructionstheile gekennzeichnet.

Es erübrigt also noch die Beantwortung der Frage: „Wann soll die Controle beginnen?“

Darüber dürfte die heute gepflogene Anarbeitung der Brückenträger und deren Montage einen Aufschluss geben. In den meisten Brückenbau-Anstalten werden beim Zusammenlegen die Träger schon etwas gesprengt; der Proportiontheil der Länge, um welchen der Träger in der Mitte gesprengt wird, ist aber wieder fast in jeder Fabrik verschieden, ja einige sprengen beim Anarbeiten den Träger gar nicht, sondern erst beim Montiren auf der Baustelle.

Es kommt also vor, dass die Gurtungen der montirten Brücken in der Mitte überhöht oder auch horizontal sind, ja dem Montage-Ingenieur sind Fälle bekannt, wo es ihm absolut nicht mehr möglich war, durch falsches Zulegen entstandene Buckel aus der Gurtung herauszubringen.

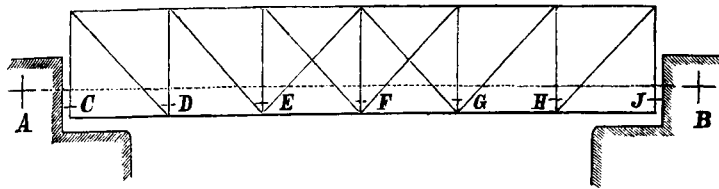
Denkt man sich nun, nach einer Reihe von Jahren werde eine Controle angeordnet, sagen wir veranlasst durch die constatirte Bau-fälligkeit einer anderen Eisen-Construction. Als ersten Anhaltspunkt wird und muss der Techniker die Constructionslinien nehmen und sehen, ob keine die Bau-fälligkeit bezeichnenden Deformationen an den Gurtungen vorhanden sind. Nach dem eben Gesagten muss aber eine derartige unvorbereitete Controle entweder ein zu günstiges oder zu ungünstiges Urtheil abgeben, je nachdem z. B. der ursprünglich in der Mitte überhöhte Träger jetzt horizontal oder nur wenig durchgeschlagen erscheint, und trotzdem schon bau-fällig ist oder zu ungünstig in den beiden anderen angeführten Fällen; ja, ohne eine theilweise Abtragung vorzunehmen, dürfte eine richtige Controle kaum möglich sein, und dann entsteht erst noch die Frage, welcher Theil, welche Strebe soll aus der Tragwand herausgenommen und untersucht werden.

Aus dem Vorstehenden dürfte wohl der Schluss gerechtfertigt sein, dass man, um eine wirksame Controle zu üben, gleich nach der Uebergabe einer Eisen-Construction für den Verkehr daran gehen soll, sich Anhaltspunkte zu schaffen, dass man bei der Anlage bereits darauf bedacht sein soll.

Es wird daher folgende Art und Weise der Controle in Vorschlag gebracht, von der aber gewiss nicht behauptet wird, sie sei die einzig richtige, sondern im Gegentheil mögen diese Zeilen den Anlass geben, dass sich mehrere Fachleute über dieses Thema äussern.

Nachdem das Object bereits einige Zeit befahren wurde und bereits sämtliche Verbindungen ordentlich ineinandergreifen, müssen zuerst sämtliche Nietenschlüsse nochmals überprüft und im Bedarfsfall Niete auch ausgewechselt werden.

Das Nächste ist die Anlage eines Controlbuche. Dasselbe sei so eingerichtet, dass jede Tragwand für sich in einfachen Linien vorgemerkt werde; wie skizzirt, werde zunächst mittelst Nivellir-Instrument eine durch die Punkte *AB* an dem Mauerwerk gehende Niveau-Linie



dauernd markirt; ebenso müssen auch die Punkte *CDE...* an den Knoten der Tragwand dauernd fixirt werden.

Als eigentliche Basis der künftigen Controle dienen nun folgende mit dem Nivellir-Instrumente zu nehmende Aufnahmen:

1. Wird die Höhenlage der Punkte *CDE...*, bezogen auf die Niveau-Linie im unbelasteten Zustande der Brücke, aufgenommen und im Controlbuche vorgemerkt.

3. Wird über jeden einzelnen Knotenpunkt der Reihe nach eine schwerste Achse einer Locomotive, deren Gewicht im Controlbuche vorzumerken ist, gestellt und die jedesmalige Höhenlage des belasteten Punktes ebenfalls eingetragen; nach der Entlastung der Brücke sind die Punkte bezüglich der bleibenden Senkung wieder einzunivelliren.

Eine graphische Aufzeichnung der elastischen Einsenkung wäre gleichfalls zu machen; vielleicht gleich unterhalb der obigen Skizze.

Die Controle selbst soll nun periodisch in bestimmten Zeiträumen — vorgeschlagen wird ein Turnus von 5 Jahren — durchgeführt werden, und zwar in folgender Ordnung:

Nach den ersten 5 Jahren wäre die Brücke im unbelasteten Zustande einfach einzunivelliren, und falls sich eine Aenderung der Höhenlage der Punkte *CDE...* ergeben hat, ist dieselbe im Controlbuche zu notiren.

Nach 10 Jahren wäre ebenfalls zuerst diese Erhebung zu machen, aber ausser dieser wieder jeder Knoten, nach Möglichkeit mit einer gleich schweren Locomotive*, mit gleichen Achsentfernungen und Achsdrücken zu belasten, und wären diese elastischen Einsenkungen ebenfalls in dem Controlbuche auf dem früher erwähnten Wege ersichtlich zu machen; ebenso wären nach dieser Zeit die Nietanschlüsse einer genauen Revision zu unterziehen. Dieser Vorgang soll sich nun in den folgenden 5 und 10 Jahren mit der gleichen Controle wiederholen.

Auf diesem Wege und insbesondere durch die im Controlbuche vorgemerkte elastische Linie dürfte eine Reihe von Daten geschaffen werden, durch welche der Ingenieur bei einer angeordneten Untersuchung in der Lage ist, ein Urtheil bezüglich der Qualität der Verbindungen der Constructionstheile abzugeben; er wird bei einzelnen Punkten veranlasst werden, Proben bezüglich der Qualität des Eisens zu machen, und wird dann auch im Stande sein, in Kürze ein dem wirklichen Bauzustande der Brücke entsprechendes Urtheil abgeben zu können.

Schliesslich erlaubt man sich die Nothwendigkeit der Schaffung von Anhaltspunkten für eine Controle noch durch Nachstehendes zu kennzeichnen.

Die Möglichkeit einer Entgleisung auf einer Brücke ist ebenso gross wie auf einem andern Punkte der currenten Bahn; wenn nun eine Entgleisung auf einer Brücke stattgefunden hat und die Brücke noch in ihrem Gefüge geblieben ist, so wird es die erste Frage der Bahnverwaltung sein: „Hat unsere Brücke Schaden gelitten und welche Theile der Construction wurden durch die Entgleisung am meisten alterirt?“

Nach dem im Vorstehenden über die Montage Gesagten dürfte es einem controlirenden Ingenieur ohne die als nothwendig erkannten Anhaltspunkte ziemlich schwer werden, ein den Verhältnissen wirklich entsprechendes Urtheil zu fällen. Hingegen wird es ihm keine bedeutenden Schwierigkeiten machen, auf Grund der angegebenen Basis einer Controle den Zustand in Kürze und auch sicher zu beurtheilen.

Die in dem Falle gepflogenen Erhebungen wären selbstverständlich auch im Controlbuche vorzumerken.

Franz Perner.

Literarische Rundschau.

Lüthy's Kolbenventil. (Hiezu Fig. 1 und 2.) Seitdem in Eisen- und Stahlwerken vom hydraulischen Drucke so vielseitige Anwendung

*) Mit einer absolut gleich schweren Last.

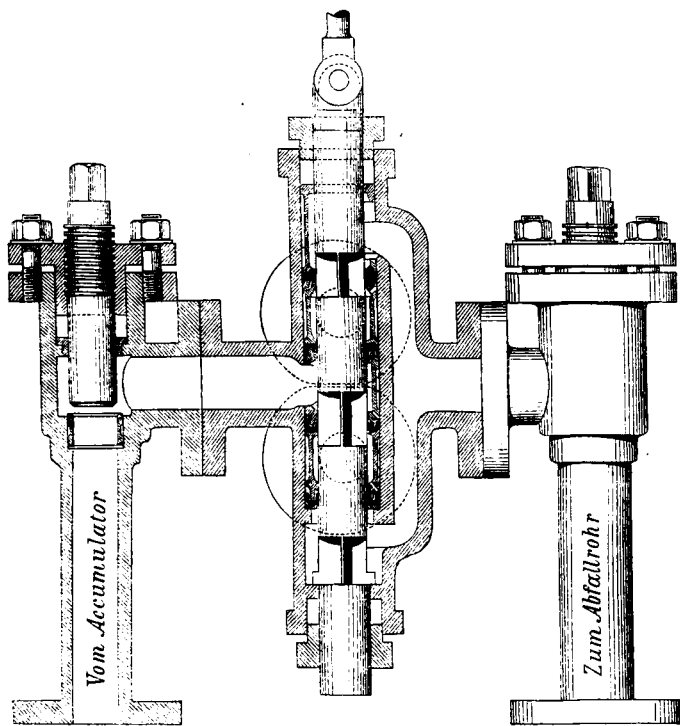
A. d. Red.

gemacht wird, dürften diejenigen Verbesserungen, welche sich auf die zur Aufnahme des Druckes bestimmten Maschinen beziehen, das Interesse der Beteiligten um so mehr in Anspruch nehmen, wenn sie nicht nur eine leichtere Handhabung bezwecken, sondern auch die übermässige Abnützung, welche häufige Reparaturen, Erneuerungen und Stillstände mit sich bringt, erheblich vermindern.

Während das Dichten von Röhrenstössen und anderer ruhenden Maschinentheile keine Schwierigkeiten verursacht, erfordern die Stopfbüchsenpackungen der Kolbenstangen und Plunger, wie auch die Liderungen der Kolbenkörper viel mehr Aufmerksamkeit, da sie entweder viel grössere Reibungswiderstände verursachen, als für den dichten Abschluss nothwendig, oder aber zu fortwährendem Lecken Veranlassung geben. Die selbstlidernden Leder-Manchetten und Lederstulpen sind zur Zeit die einzigen verlässlichen Dichtungsmaterialien für hoch gepresstes Wasser, jedoch für eine Pressung von beiläufig 34 Atmosphären scheinen sich andere Materialien zu bewähren. — Doch kehren wir zum Gegenstand dieser Notiz zurück; sie betrifft die zur Bedienung der mit hydraulischem Druck betriebenen Maschinen nöthigen Absperrschieber, Hähne oder Ventile. Manche sind von beträchtlicher Grösse, um den zugehörigen Maschinen die passende Geschwindigkeit zu erteilen, z. B. haben die Canäle an den Cylindern der Converter Kippvorrichtungen einen Querschnitt von $20\frac{1}{2}$ cm, obwohl bei den Gusskränen noch grössere Ventile anzutreffen sein werden.

Die Hähne für den Cylinder der Converter Kippvorrichtung sind Vierweghähne, die an den Gusskränen und Hebekranen Dreiweghähne. Da das Wasser in einem Accumulator angesammelt zu sein pflegt, ist es nothwendig, dass in keiner Stellung des Ventils eine directe Verbindung

Fig. 1.



zwischen dem Ein- und Austrittscanal eintreten kann, d. h. die Ventile müssen mit einer solchen „Deckung“ (Schlussfläche) ausgestattet sein, dass ein Verlust an Wasser unmöglich wird. Die Ventile müssen, um dicht zu sein, an ihre Sitze mit genügendem Druck angepresst werden, was in gewissen Fällen grosse Reibungswiderstände hervorbringt.

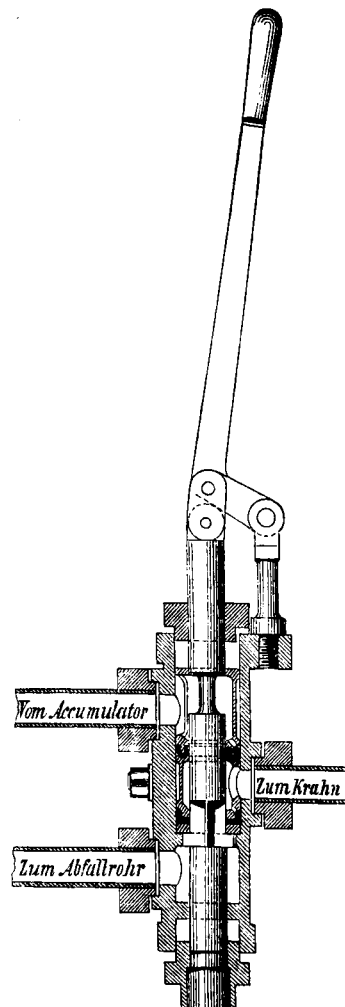
Die älteren Bessemer-Anlagen waren diesfalls ausschliesslich mit Hähnen aus Rothguss versehen. Die Hahnstücke an den Cylindern der Converter Kippvorrichtung hatten einen mittleren Durchmesser von 75 mm, gesteuert wurden sie durch ein Griffrad, von welchem die Bewegung durch ein Stirnräderpaar bei im Ganzen 34facher Uebersetzung auf die Hahnspindel übertragen wurde. Um diese Hähne nur mässig dicht zu halten, mussten sie, wenn auch neu eingeschliffen, so fest angezogen werden, dass ein beträchtlicher Zug am Griffad auszuüben war. Auch hat man es mit vollen Scheiben versucht, die auf der Unterseite eines gitterförmigen Sitzes oscillirten; die Scheibe enthielt die für die Communication des Cylinders mit dem Abfallrohr und Accumulator nöthigen

Canäle; doch haften auch solchen Ventilen jene Mängel an, die allen Ventilen gemeinsam sind, bei welchen die der Abnützung ausgesetzten Flächen in verschiedenen Abständen vom Bewegungsmittelpunct sich befinden. Rothgusschieber (muschelförmig), ähnlich dem Vertheilungsschieber einer Dampfmaschine, entsprechen sehr gut und wenn die auf einander gleitenden Flächen recht hart sind, halten sie ziemlich lang; bei grösseren Dimensionen jedoch wird die Schieberreibung so gross, dass zur Stellung derselben mit der Hand eine beträchtliche Hebelübersetzung erforderlich wird, wodurch aber ein rasches Oeffnen und Schliessen illusorisch gemacht wird. Mehrseitig sind für solche Zwecke Kegelventile in Anwendung gekommen, welche durch eine Schraubenspindel von ihrem Sitze gehoben und auf ebensolche Weise geschlossen werden, oder aber sie wurden durch belastete Hebel an ihre Sitze angedrückt, die man beim Anlassen lüften muss; hiebei sind separate Ein- und Austrittsventile anzubringen, wodurch die Anordnung einigermassen kostspielig und complicirt wird, abgesehen davon, dass sie mehr Raum erfordert.

Bei dem durch Figur 1 dargestellten Kolbenventil ist (Patent Robert Lütthy) besonderes Gewicht darauf gelegt worden, dass das in einem gusseisernen Gehäuse sich bewegende Ventil aus einem Stück bestehe, überall gleichen Durchmesser habe, im Hub begrenzt sei und die durch die Reibung sich ergebende Abnützung lediglich den Kolben treffe, und gleichzeitig die Einrichtung getroffen, dass durch Lösen der Schrauben an der Stopfbüchsenbrille diese nebst den Büchsen, in welchen die Leder-Manchetten liegen, und das Ventil auf einmal herausgezogen werden können, also auch rasch wieder einzusetzen sind. Fig. 1 stellt ein doppeltes Ventil dar, welches an einer Converter Kippvorrichtung anstatt des gewöhnlich daselbst befindlichen Vierweghahnes anzubringen wäre.

Zu beiden Seiten des Kolbenventils befindet sich je ein Kegelventil, somit das Wasser weder vom Accumulator in den Druckcylinder noch in das Abfallrohr gelangen kann, wenn die Liderungen des Steuerkolbens oder im Cylinder der Kippvorrichtung selbst ausgewechselt werden, oder aber Reparaturen an der Röhrentour zwischen dem Hauptstrang zu dem betreffenden Ventilkasten vorzunehmen sind, ohne deshalb

Fig. 2.



die übrigen mit diesem Röhrenstrang in Verbindung stehenden Maschinen ausser Betrieb setzen zu müssen. Das Ventilgehäuse mit den Stützen für den Eintritt und Ausgang des Wassers ist aus Gusseisen. Es ist gleichmässig ausgebohrt bis zu dem Ansatz, an welchen sich der Leder-Manchette als Auflage dienende Messingring anlegt; an den Enden sind Stopfbüchsen für den beiderseits durchgehenden Kolben angebracht. Um die Manchetten zu tragen, sind Messingbüchsen eingelegt, welche dem Kolben freies Spiel lassen, und werden selbe an den Enden ausgedreht, um den Manchetten eine passende Auflage zu bieten. In der Mitte sind die Büchsen stark ausgenommen, um dem Wasser rund um den Kolben entsprechenden Ausflussquerschnitt darzubieten; an den Stellen, wo die Büchsen an den Stützen anliegen, sind sie mit Oeffnung gleich der lichten Rohrweite versehen. Die Liderringe sammt ihren Sitzen werden durch das Anziehen der oberen Stopfbüchsenbrille fixirt. Der Kolben ist aus dichter Bronze und durch im rechten Winkel gestellte Rippen mehrmals unterbrochen, um für die Passage den entsprechenden lichten Querschnitt zu erhalten; am unteren Theil des Kolbens ragen die Rippen ein wenig hervor, wodurch eine Hubbegrenzung für den Auf- und Niedergang erzielt wird; gleichzeitig dienen

sie auch dazu, bei gelichteter Stopfbüchsenbrille das Kolbenventil sammt Liderungen und Messingbüchsen herauszunehmen.

Befindet sich das Ventil in der mittleren Stellung, so liegen die cylindrischen Theile ganz zwischen den Leder-Manchetten, und man kann fünf Abtheilungen unterscheiden; das vom Accumulator kommende Wasser tritt in die mittlere Kammer und kann weder in die über noch in die unter derselben befindliche Abtheilung, welche mit dem Cylinder der Kippvorrichtung in Verbindung stehen, gelangen, da die Leder-Manchetten sich sowohl gegen den Kolben als auch gegen das Gehäuse anlegen. Die oberste und unterste Abtheilung communiciren mit einander durch den an der Seite angebrachten Canal, der den Stutzen für das Abfall-Ventil-Gehäuse trägt. Wenn das Kolbenventil gesenkt wird, es sich also in der in Figur 1 dargestellten Lage befindet, tritt das Wasser auf der Bodenseite des Cylinders der Kippvorrichtung durch die zwischen den Rippen und dem Liderring freibleibende Oeffnung ein, gleichzeitig tritt bei der oberen Abtheilung das Wasser auf dieselbe Weise durch den anstossenden Canal in das Abfallrohr. In der höchsten Stellung des Kolbenventils tritt das Druckwasser auf der Deckelseite in den Cylinder der Kippvorrichtung ein, während der untere Theil des Kolbenventils die Communication mit dem Abfallrohr gestattet. Figur 2 zeigt ein kleineres Ventil mit nur einer Schlussfläche für einen hydraulischen Krahn (für Stahl-Ingots); das Wasser tritt oberhalb der Leder-Manchetten ein, während die mittlere Abtheilung mit dem Krahn, die untere mit dem Abfallrohr in Verbindung steht.

Die beschriebene Ventil-Construction hat bereits vielfach Anwendung gefunden und sich auch sehr gut bewährt, wie aus den Mittheilungen der Herren Snelus und Sharp hervorgeht, der Erstere hat 11, der Letztere 9 solche Ventile jahrelang zur vollsten Zufriedenheit in Verwendung.

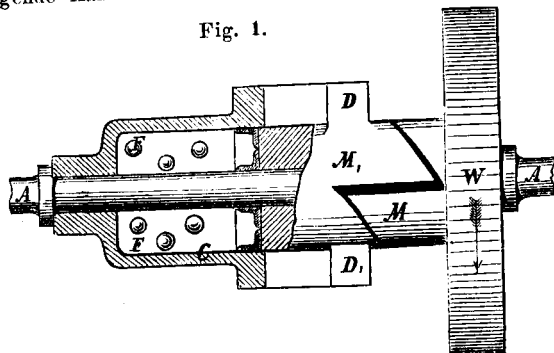
(Journ. of the Iron and Steel Inst. 1874 2. Vol.)

Kupplung von Varley und Furness.

Es ist bekannt, welch' ausserordentlicher Aufwand an Kraft nothwendig wäre, die einem schweren Schwungrade, wie solche bei Walzwerken vorzukommen pflegen, innewohnende lebendige Kraft momentan aufzuzehren; doch steigern sich manchmal die Hindernisse in einer Walzenstrasse oft dermassen, dass der Stillstand des Schwungrades erzwungen wird und die hiedurch bedingten Stösse die unangenehmsten Folgen für das mit dem Schwungrad verbundene Getriebe mit sich bringen; ähnlich würden sich die Dinge gestalten, wenn man eine derartige Maschine plötzlich aus einer Bewegungsrichtung in die andere lenken wollte. Um solchen Eventualitäten vorzubeugen, proponiren Varley und Furness, die in Figur 1 dargestellte Kupplung anzubringen, die sie mit Rücksicht auf die Unzulänglichkeit der gebräuchlichen Frictionskupplung construirt haben.

Figur 1 zeigt die Kupplung theilweise im Schnitt; das die Kraft übertragende Kammrad W sitzt lose auf der Welle A und ist gegen

Fig. 1.



allfällige seitliche Verschiebungen durch den aussen angebrachten Bund gesichert. Die Nabe dieses Rades ist in eine Muffe M verlängert, deren Zähne nach einer Schraubenfläche geformt sind, an welche sich eben solche Zähne der Muffe M_1 anlegen. Die Muffe M_1 ist jedoch ein in den Cylinder C tauchender Kolben, welcher auf den Durchmesser der Welle A ausgebohrt und mit gegen diese und die Cylinderwand sich anlegenden Liderungen versehen ist; überdies hat man diesen Kolben an dem der Muffe M zugekehrten Ende mit zwei Zapfen D und D_1 ausgestattet, die, in passende Schlitz des Cylinders C gelagert, ihm eine selbständige Drehung um seine Achse unmöglich machen. Die in dem Cylinder C angedeuteten Bälle F sind Kautschuk-Kugeln oder Luftsäcke, die ein Eindringen

des Kolbens M_1 in den Cylinder C ermöglichen und nach überwundenem Hinderniss das Heraustreten desselben zu veranlassen bestimmt sind. Denken wir uns nun die Welle A in Umdrehung versetzt, so wird der Cylinder C und mit ihm der Kolben M_1 rotiren, der seinerseits vermöge der schraubenförmig gestalteten Zähne die Muffe M des Rades W , somit dieses selbst mitnehmen wird. Tritt nun am Umfang des Rades W ein solches Hinderniss auf, welches es zum Stillstande zwingt, so wird, da die Welle A und mit ihr der Cylinder C sich drehen, die Muffe M_1 in den Cylinder eintreten, weil sie hierzu durch die feststehende Muffenhälfte M gezwungen ist, dadurch ein Theil der angesammelten lebendigen Kraft aufgezehrt wird.

Aus den Notizen der englischen Zeitschriften (The Engineer Januar 1875, Engineering 4. September 1874, Journal of the Iron and Steel Institute 1874 1 Volume) ist nicht zu entnehmen, ob die angeführte Kupplung sich bereits bewährt hat, da nur von einem Modell dieser Kupplung Erwähnung geschieht.

C. K.

Amerikanische Kohlen- und Eisenwerke.

Dem „Iron and Steel Institute“ in London erstattete in seiner letzten Sitzung am 7. Juni l. J. sein früherer Präsident Mr. Lowthian Bell F. R. S. Bericht über seine im Auftrage des Vereines vorgenommene Bereisung der Kohlen- und Eisengruben sowie der Eisenwerke von Nordamerika, welcher Bericht nach seinem Schlusse vom Vorsitzenden der Versammlung unter allseitiger Zustimmung als der interessanteste und werthvollste Vortrag bezeichnet wurde, der je in diesem Vereine gehalten worden sei.

Wenn wir uns nicht versagen konnten, einen natürlich nur sehr kurz gehaltenen Auszug aus diesem umfassenden Berichte in den nachstehenden Zeilen zur Kenntniss weiterer Kreise zu bringen, so leitete uns dabei nicht nur die Absicht, auf die höchst verdienstvolle Arbeit des Herrn Lowthian Bell aufmerksam zu machen, der unter seinen Fachgenossen neben Bessemer und Siemens genannt wird, denen er auch im Präsidium des genannten Vereines folgte, sondern es veranlasste uns dazu hauptsächlich der Wunsch, auch denen unserer Mitglieder, die vielleicht zufolge ihrer sonstigen Berufsthätigkeit die Ereignisse auf dem Gebiete der Eisen- und Stahlindustrie nicht mit besonderem Interesse verfolgen, den Kern des Reiseberichtes des Herrn Lowthian Bell nicht entgehen zu sehen, der eine Menge national-ökonomische, geographische und allgemein anregende Gesichtspunkte behandelt und uns auf's Neue wieder einmal vor Augen führt, wie die Verhältnisse der neuen Welt denn doch in vielen Dingen immer noch eine Gestaltung annehmen und einen Verlauf haben, der in solcher Grossartigkeit bei uns selbst mit ziemlich bedeutender Phantasie kaum für möglich gehalten wird.

Der Umstand, dass Herr Lowthian Bell als Präsident der genannten Gesellschaft einer Art officiellen Einladung nach Amerika gefolgt war und in Folge dessen eine Aufnahme und ein Entgegenkommen gefunden hat, wie er es glänzender sich nicht hätte denken können, verleiht dem Berichte um so mehr Glaubwürdigkeit, als der Herr Verfasser denselben auf Grund eigener Anschauung oder auf Grund von Informationen an bester Quelle zusammengestellt hat.

Der Bericht beginnt zunächst mit der Constatur der ziemlich beträchtlichen Abnahme des Exports von englischem Eisen nach den Vereinigten Staaten während der letzten drei Jahre und der damit gleichen Schritt haltenden Steigerung der Eigenproduction in den Vereinigten Staaten während derselben Zeit.

Die erste Frage, welche dann in dem Berichte eingehender behandelt wird, ist die des Transports, und hier werden für den Weg, den das Rohmaterial oft zu machen hat, Entfernungen namhaft gemacht, die in der alten Welt für solche Verhältnisse einfach nicht vorhanden sind. Dies gilt aber in gleicher Weise auch von dem verarbeiteten Producte. Zum grössten Theile findet dieser Transport auf dem Wasserwege statt; als Beispiel führt Herr Bell die Kosten des Kohlentransportes an von Pittsburg aus den Ohio hinab.

Zwanzigtausend Tonnen Kohlen werden nicht allzu selten auf einmal auf eine Flottille von Flachbooten verladen und durch ein einziges Dampfboot den Fluss hinab 1600 Meilen weit verführt, dies Alles um noch eine Kleinigkeit weniger als Einen Schilling englisch per Tonne (47 Kreuzer), wobei die Kosten für den Rücktransport der leergewordenen Boote mit inbegriffen sind!

Die ganz enorme Entwicklung des nordamerikanischen Eisenbahnnetzes hat natürlich auch die Frage des internen Verkehrs in ganz unerwarteter Weise gelöst.

Der Hudsonfluss z. B., welcher bis auf 75 Meilen oberhalb New-York für die grössten Seeschiffe zugänglich ist, hat doch an seinen Ufern eine doppelgleisige Eisenbahn bis weit über die Stadt Albany hinauf. Auf diese Weise hat die Locomotive nicht allein in vielen Fällen das Dampfschiff abgelöst, sondern auch Bergwerksdistricte mit einander in Wechselverkehr gesetzt, ohne welchen wahrscheinlich beide zum grössten Theile unausgenutzt hätten bleiben müssen.

Der Herr Verfasser erwähnt auch, wie das Eisenbahnnetz der amerikanischen Union, welches Ende 1873 bereits 70.651 Meilen umfasste, bereits $4\frac{1}{2}$ mal grössere Ausdehnung hatte, als dasjenige Englands, der Geburtsstätte der Locomotive, mit 16.082 Ende desselben Jahres.

Hiebei besonders bemerkenswerth erscheint der Unterschied der Kosten per Meile, welche Herr Bell für England im Mittel mit 36.582 Pfund beziffert, während sich für Amerika der Mittelwerth noch unter einem Drittel der genannten Summe hält!

Zwar darf hiebei nicht vergessen werden, dass die Amerikaner ihren Grund und Boden hiezu fast umsonst erhielten, wogegen sie mit seltenem und sehr theuerem Capitale sowie mit Materialpreisen und Arbeitskräften bauen mussten, welche die Englands bei weitem übersteigen.

In weiterer Besprechung des bei der Eisen-Manufactur in Amerika verbrauchten Heizmaterials gedenkt Herr Bell zunächst der Holzkohle, die früher ganz ausschliesslich bei den Hochöfen verwendet, sogar im Jahre 1854 noch für ein volles Drittel der gesamten Jahresproduction an Roheisen, also nahezu 300.000 Tonnen, beim Schmelzprocess Verwendung fand.

Heute werden nur noch etwa 500.000 Tonnen, allerdings absolut mehr als früher, aber doch nur ein Fünftel der gesamten Production, damit erzeugt.

Herr Bell hält dafür, dass mindestens jedes Jahr 46.000 Acker Wald abgeholzt werden müssen, um den Hochöfen der Vereinigten Staaten hinreichend Nahrung zuzuführen.

Ueberhaupt bemerkt der Herr Verfasser, dass in keinem Lande der Erde an Kohle, und zwar an allerhand Kohle, mehr zu finden sein dürfte, als in den Vereinigten Staaten.

Den Umfang des dort befindlichen Kohlengebietes gibt Herr Bell auf 192.000 Quadratmeilen (englisch) gegen 8000 Quadratmeilen in Grossbritannien an — und fügt bei, dass es sehr zweifelhaft sei, ob irgend wo in der Welt eine ähnliche Bodenfläche zu finden sein dürfte, bei welcher ein grösserer Bruchtheil als hier von kohlenführendem Gestein bedeckt sei.

Auch der Anthracit wird in den Hochöfen viel verwendet; von den $2\frac{1}{2}$ Millionen Tonnen Roheisen, welche im vergangenen Jahre (1874) niedergeschmolzen wurden, war etwa die Hälfte das Product von mit Anthracit arbeitenden Oefen.

Hierauf beschreibt Herr Bell die verschiedenen Kohlenbergwerke und ihre Eigenthümlichkeiten, die in denselben angewendeten Systeme der Förderung, dann die der Coke-Bereitung, wobei eine Menge höchst werthvoller statistischer Daten sich eingeflochten finden, von denen überhaupt der schätzenswerthe Bericht strotzt.

Weiter wird der Petroleumquellen ausführlich gedacht und mit amüsanten Einzelheiten das Factum referirt, wie in gewissen Gegenden Privathäuser, ja ganze Werke einfach mit Kohlenwasserstoff-Verbindungen geheizt und beleuchtet werden, die man erhält, indem man loco ein Bohrloch in den Boden treibt.

Das in dieser Beziehung bemerkenswertheste Beispiel der Verwerthung gasförmiger Brennstoffe ist auf den Iron City and Siberian Iron Works nächst Pittsburg zu finden, wo aus einem dreizölligen und gegenwärtig 1200 Fuss tiefen Bohrloch, und zwar wenige hundert Yards vom Etablissement entfernt, ein constanter Kohlenwasserstoff-Strom unter einem Druck von 70 Pfund auf den Quadratzoll hervorquillt.

In der That wird auch in den gesamten vorgenannten Werken weder für die Puddelöfen oder Schweissöfen, noch für irgend eine Kessel-Feuerung irgend ein anderes Feuerungsmaterial verwendet, als das von der Natur so freigebig gespendete obgenannte.

Dann erwähnt der Bericht weiter die bei den Eisenschmelzprocessen dort verwendeten Flussmittel, wobei bemerkt wird, dass ein gewisser kohlenstoffhaltiger sogenannter Bergkalk in Amerika sehr häufig und

gerade in den Gegenden der Eisenhütten in ziemlicher Ausdehnung gefunden wird.

Auf den Hochöfen in und bei Baltimore wird ein ganz aussergewöhnliches Flussmittel beigegeben; wie bekannt, ist ja die Chesapeake-Bay berühmt wegen des Ueberflusses an den dort wachsenden Austern.

Diese werden nun in solch colossalen Quantitäten über das Land versendet, dass ihre Schalen nicht nur genügen, um den Eisenhüttenbesitzern des gesamten Districts zu dienen, sondern dass auch noch ein sehr bedeutender Rest geradezu zum Ausbessern der Strassen benützt wird. Die Schalen enthalten nämlich nicht weniger als 95% kohlensauren Kalk und da der Rest von anderen Bestandtheilen kaum viel in Frage kömmt, so sind diese Schalen allerdings geeignet, einen sehr billigen Ersatz für den Kalk selbst zu bieten.

Herr Bell geht nun über zu der Aufzählung und Beschreibung der verschiedenen Eisenerze, deren das Gebiet der Vereinigten Staaten eine ganze Menge und in grosser Mächtigkeit aufzuweisen hat, mit Ausnahme des auch in Europa sehr seltenen Spatheisensteines.

Der Eisenstein der Lias- und Oolith-Schichten, welche nahezu $\frac{1}{3}$ des in Grossbritannien erzeugten Roheisens liefern, scheint in den Vereinigten Staaten vollkommen zu fehlen.

Im Anschlusse hieran werden der Magnet-Eisenstein des Lake Champlain, seine Eigenthümlichkeiten, die Art seiner Niederbringung etc. nacheinander beschrieben, und zwar:

Das Eisenerz-Bergwerk, welches Herr Bell nahe bei Port Henry befür, wird in einem ungeheuren Prisma von ungefähr 200 Quadratfuss abgebaut, indem das erzführende Gestein unter einem Winkel von 26—40 Graden einfällt; wie tief, das weiss kein Mensch!

In den Minen ist der darüber ruhende Gebirgsblock von gewachsenen Pfeilern getragen von 40 Quadratfuss Grundfläche sich gegen oben zu etwa 20 Quadratfuss verjüngend bei einer Pfeilerhöhe von nicht wenig mehr als 100 Fuss.

Ein gleichfalls sehr bemerkenswerthes Vorkommen von Magnet-Eisenstein ist bei Cornwall in Pennsylvanien zu verzeichnen.

Hier findet sich ein solider Eisenerzhügel von etwa 500 Fuss Durchmesser, der von dem umgebenden Boden 350 Fuss aufsteigt und anderseits, wie durch Bohrungen festgestellt wurde, noch gegen 180 Fuss nach unten Fortsetzung hat. Der ganze Hügel ist von einer spiralförmigen Eisenbahn umgeben, auf welcher er stückweise, langsam aber stetig, einer edleren Bestimmung zugeführt wird.

Herr Bell bringt eine Menge höchst interessanter Mittheilungen über Eisenglanz, Bluteisen, Rotheisenstein, den thonigen Sphärosyderit, das Mangan-Eisenerz u. s. w. und führt uns dann durch die Eisenwerke, indem er uns die Hochöfen beschreibt, wie sie in den verschiedenen Eisenindustrie-Districten der Vereinigten Staaten in Benützung sind, schildert weiter die Eisenhämmer und die verschiedenen Einrichtungen für den Bessemer-, den Siemens-, Martin-, den Blair-Process und beschreibt besonders den letzteren sehr ausführlich, im Anschlusse woran sich wieder eine Menge äusserst schätzbare statistischer Daten zusammengestellt finden.

Der Schlusstheil des Berichtes ist Betrachtungen über die Arbeiterfrage und das Schutzzoll-System gewidmet.

Wir können uns natürlich hier nur auf die Anführung einzelner ganz prägnanter Momente einlassen. So erzählt Herr Bell, dass, während in dem einen Districte ein Eisenminen-Arbeiter $12\frac{3}{4}$ Schillinge ($6\frac{1}{2}$ fl.) per Tag Lohn erhielt, sich dieselbe Gattung Arbeiter in einem anderen Districte mit $4\frac{2}{3}$ Schilling ($2\frac{1}{2}$ fl.); begnügte in noch anderen, besonders den Südstaaten, werden die Bergwerksarbeiten durch Sträflinge verrichtet. Dass die Löhne höher sein müssen als in England z. B. findet Herr Bell gegenüber den hohen Lebenspreisen natürlich.

In Betreff der Aus- und Eingangszölle bemerkt Herr Bell, dass ein grosser Theil der Eisenwerksbesitzer sogar die erschwerenden Bedingungen des jetzigen Tarifs noch erhöht sehen möchte.

Herr Bell dagegen vertheidigt die durch den Freihandel zu erreichenden Vortheile und bekämpft zum Schluss die vom Vereine der amerikanischen Eisenwerksbesitzer aufgestellten Argumente.

Wenn auch der Schluss gerade bei unseren österreichischen Eisenindustriellen auf sehr entschiedenen Widerspruch stossen dürfte, kann doch die eingehende Lecture dieses reichen und detaillirten Berichtes eines der ersten englischen Fachmänner der Eisenindustrie nicht warm genug empfohlen werden.

E. Lhd.t.

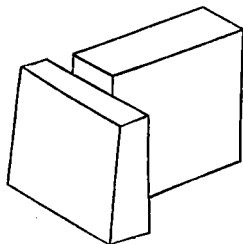
Vose, Manual for Railroad Engineers and Engineering students.

Die von Herrn Director Köstlin vorgeschlagenen Objectsformen betreffend, mag vielleicht die Mittheilung von Interesse sein, dass ganz dieselbe Idee kürzlich auch von einem amerikanischen Fachmanne angedeutet und dabei die Möglichkeit ihrer Ausführung als ausser allem Zweifel stehend hingestellt wurde. Wir beziehen uns hiebei auf das 1874 in Boston erschienene, aber erst jetzt, also bereits nach der Aufstellung dieser neuen Objectstypen durch Herrn Director Köstlin, nach Europa gekommene Werk „Vose, Manual for Railroad Engineers and Engineering students.“

Das Folgende ist ein Auszug aus dem „Landpfeiler“ überschriebenen Capitel. Es heisst hier:

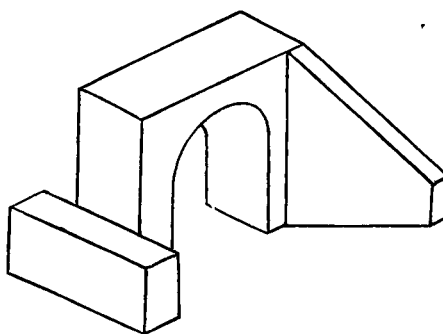
„Die Form eines Brücken-Landpfeilers hängt von der Localität und von dem Zwecke ab, welchem die Brücke dienen soll. Es wird einen Unterschied machen, ob es eine Eisenbahn- oder eine gewöhnliche Strassenbrücke, ob dieselbe nahe einer grossen Stadt oder in einer Gegend ist, wo auf das Aeusserere nicht viel Rücksicht genommen zu werden braucht. Dort, wo die Küste der gefährlichen Einwirkung eines Flusses ausgesetzt ist, werden Flügelmauern nothwendig sein. Diese können nun entweder gerade oder gekrümmt, sie können einfach durch die Verlängerung des Widerlagers gebildet oder unter beliebigem Winkel gegen das Ufer oder den Damm geneigt sein. Dieser Winkel kann so weit variiren, bis das mit Flügeln versehene Widerlager die \perp Form erhält, oder durch Versetzung der Flügel in die Mittellinie die \perp Form zum Vorschein kommt. Die gekrümmten Flügel erfordern etwas geringere Dicke, werden aber zugleich länger. Flügelmauern, welche besonderen Kräften oder Wasserströmungen unterworfen sind, ist eine entsprechende Stellung und Form zu geben. Je mehr der Flügel von der Stirnfläche des Widerlagers abweicht und sich gegen die Böschung dreht, desto grösser wird das auf ihn wirkende Umsturmmoment, da der Mittelpunkt des Druckes höher hinaufrückt.

Fig. A.



Für eingleisige Eisenbahnbrücken erfordern die Landpfeiler an der Krone nur eine geringe Breite, ausgenommen dort, wo die Brückenconstruction aufrucht. Der gewöhnliche T Grundriss, in welchem der mittlere Steg die Stelle der Flügel einnimmt, scheint hier jede Erforderniss zu erfüllen, wo es sich nicht darum handelt, die Ufer vor der Einwirkung des Wassers besonders zu schützen. Der Höhenunterschied zwischen der Kronenkante des Pfeilers und dem Brückenaufleger hängt von der Niveaudifferenz zwischen Nivellette und dem Untergurt der Brückenconstruction ab.

Fig. B.



Wenn ein Landpfeiler beträchtliche Höhe erhält, so kann eine Ersparniss durch Anbringung eines Bogens erzielt werden, siehe Fig. B. Die Dimensionen des Brückenauflegers und des Pfeilers werden natürlich von der Constructionsart der Brücke, der Spurweite, der Höhe der Nivellette etc. abhängen. Die Länge der T Mauer, von der Stirnfläche zurückgemessen, resultirt aus der Höhe des Landpfeilers und dem Böschungswinkel des Dammes oder Ufers. Jene Theile des Mauerwerks, welche dem Erddruck ausgesetzt sind, sind als Futtermauern zu behandeln. Besondere Kräfte, wie jene vom Gewölbschube herrührend, können oft durch Strebepfeiler, die möglichst in der Richtung der Kraft anzuordnen sind, aufgehoben werden.

Fig. C.

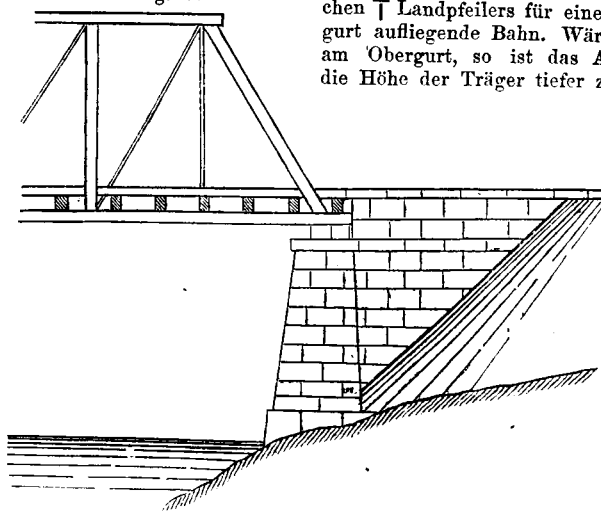
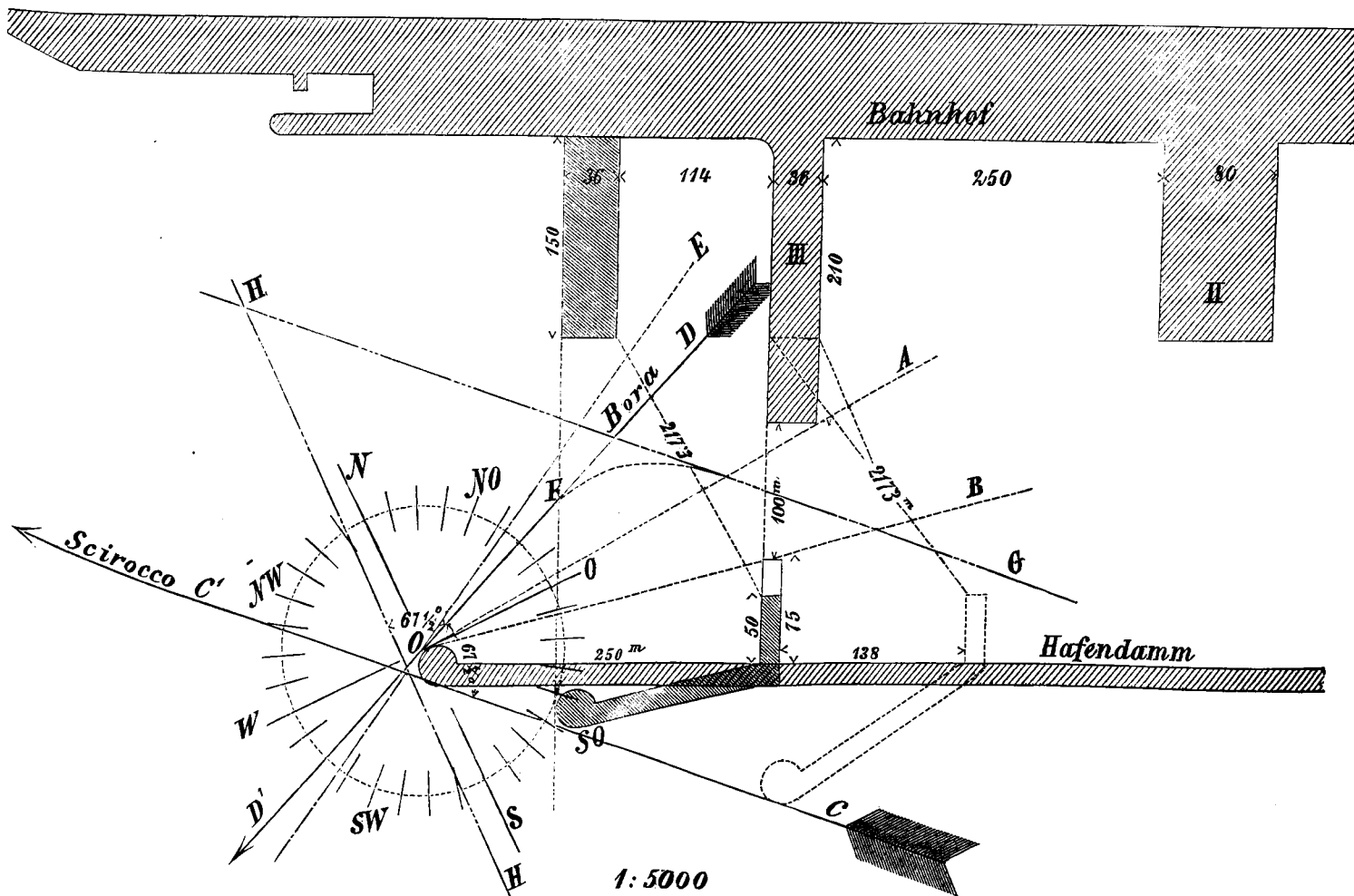


Fig. C zeigt die Ansicht eines solchen T Landpfeilers für eine am Untergurt aufliegende Bahn. Wäre die Bahn am Obergurt, so ist das Auflager um die Höhe der Träger tiefer zu legen.“

Assistent J. Melan.



Rechnungs-Abschluss für das Betriebs-Conto

G. Z. 1684 ex 1875.

Soll

auf die Zeit vom 1. Jänner bis 30. Juni 1875.

Haben

		fl.	kr.			fl.	kr.
30. Juni	An Jahresbeiträge-Conto 1875	13.721	79	1. Jänner	Per Saldo-Vortrag vom 31. December 1874....	948	16
"	" Jahresbeiträge-Rückständen ex 1873 u. 1874 ..	2.115	15	30. Juni	" Vereins-Zeitschrift-Conto	8.414	56
"	" Schiedsgerichts-Conto	12	59	"	" Gehalte- und Löhne-Conto	3.249	80
"	" diverse Einnahmen-Conto	1.575	—	"	" Bibliothek-Conto	533	77
"	" Conto-Corrent-Zinsen-Conto	144	35	"	" Regiekosten-Conto	882	09
"	" Saldo-Vorschuss vom Cassaverwalter	1.541	24	"	" Kanzleispesen-Conto	442	75
				"	" Eigenmiethe-Conto	2.200	—
				"	" Mobiliar-Conto	30	60
				"	" Betriebs-Steuer-Conto	370	68
				"	" Beheizungs-Conto	144	48
				"	" Betriebs-Gas-Conto	324	10
				"	" Ausserordentliche Ausgaben-Conto	1.329	13
				"	" Pensions-Conto	240	—
	Summa	19.110	12		Summa	19.110	12

Rechnungs-Abschluss für das Vereinshaus-Conto**Soll**

auf die Zeit vom 1. Jänner bis 30. Juni 1875.

Haben

		fl.	kr.			fl.	kr.
30. Juni	An Hausmiethe-Conto	9.562	75	1. Jänner	Per Saldovortrag vom 31. December 1874	2.601	29
"	" Gründungsbeiträge-Conto	1.050	—	30. Juni	" Baugrund-Conto	4.567	50
"	" Vereinshauswidmungen-Conto	41	89	"	" Anleihe-Conto	2.360	—
"	" Saldo-Vorschuss vom Cassa-Verwalter	1.212	25	"	" Haussteuer-Conto	1.374	59
				"	" Vereinshaus-Erhaltungs-Conto	635	41
				"	" Haus-Gas-Conto	121	10
				"	" Ausserordentliche Ausgaben-Conto	23	50
				"	" Conto-Corrent-Zinsen-Conto	183	50
	Summa	11.866	89		Summa	11.866	89

Einnahmen**Cassen-Abschluss für das erste Halbjahr 1875.****Ausgaben**

		fl.	kr.			fl.	kr.
30. Juni	An Betriebs-Conto laut Rechnungs-Abschluss ..	17.568	88	30. Juni	Per Betriebs-Conto laut Rechnungs-Abschluss ..	19.110	12
"	" Vereinshaus-Conto laut Rechnungs-Abschluss ..	10.654	64	"	" Vereinshaus-Conto l. Rechnungs-Abschluss ..	11.866	89
"	" Depositen-Conto	1.363	39	"	" Depositen-Conto	432	80
"	" Saldo-Vorschuss vom Cassa-Verwalter laut Conto-Corrent	1.822	90				
	Summa	31.409	81		Summa	31.409	81

Wien, am 1. Juli 1875.

Für die Buchhaltung:
E. R. Leonhardt m. p.,
 Vereins-Secretär.

Für die Cassa-Verwaltung
Emil Seybel m. p.,
 Cassa-Verwalter.

Correspondenz.*Geehrter Herr Redacteur!*

Im eilften (XI.) Hefte unserer Zeitschrift erscheint in dem Berichte des Comité's über Localbahnen in Wien mein Name unter denjenigen unserer Herren Collegen, welche derartige Projecte dem Comité vorlegten; da ich mich jedoch mit einem Localbahn-Projecte nie befasste, so bitte ich, mir eine diesbezügliche Berichtigung umsomehr zu gestatten, weil ich dem Comité gegenüber mich wiederholt dahin ausgesprochen habe, dass mir ein solcher Zweck gänzlich fern liegt und ich blos ein Project für die Regulirung des Wienflusses und für die Beseitigung der von ihr herbeigeführten Uebelstände verfasste und selbes dem Comité über dessen Einladung zur Verfügung stellte.

Wien, 20. August 1875.

Hochachtungsvoll ergebenst

S. Deutsch.

Berichtigungen zum XI. Heft.

Seite 213, Zeile 8 von unten, Spalte rechts, soll heissen: „dieser“ statt „diese“.

Seite 214, Zeile 13 von unten, Spalte links, soll heissen: „nur“ statt „und“.

Seite 216, Zeile 4 von oben, Spalte links, soll heissen: „findet die Erklärung in der Art der nicht vollkommenen Ausführung“ statt „Die“.

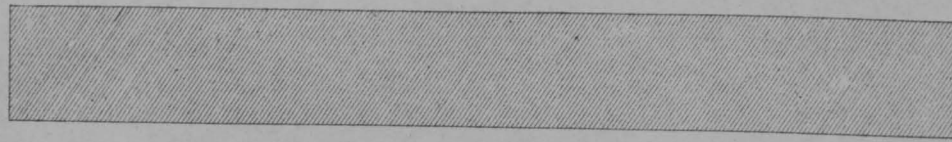
Seite 216, Zeile 1 von oben, Spalte rechts, soll heissen: „falls mit dem“ statt „falls dem“.

Seite 217, Zeile 23 von unten, Spalte rechts, soll heissen: „hinreichende“ statt „hinreichende“.

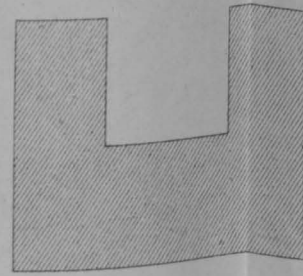


Bisherige Urtypen.

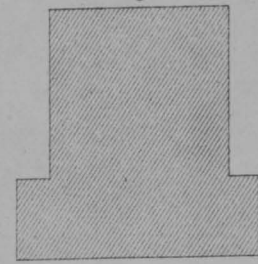
Grundform A.



Grundform B.

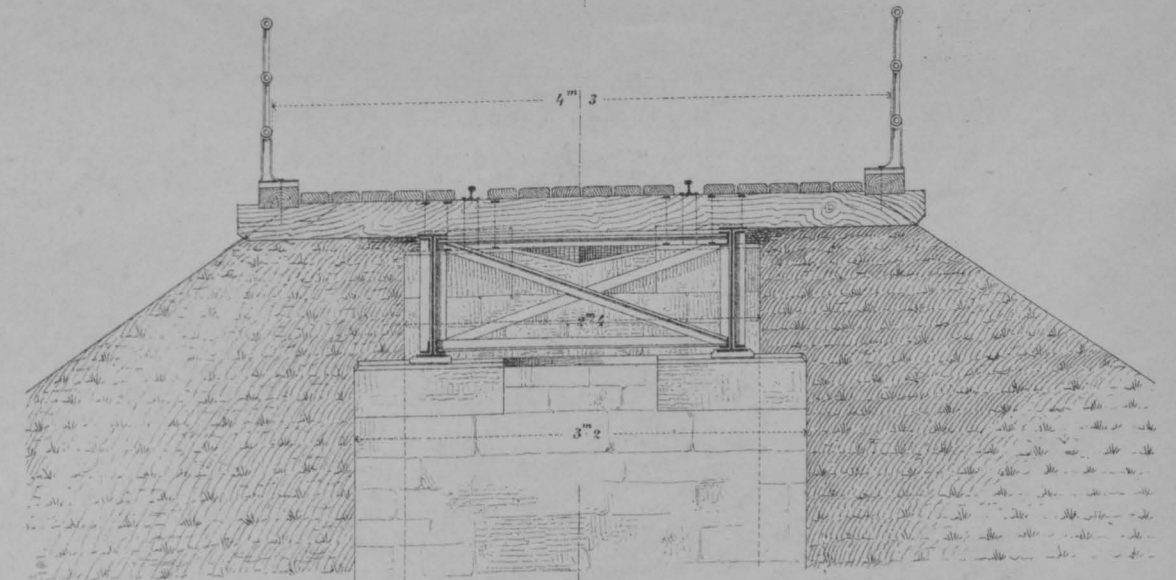
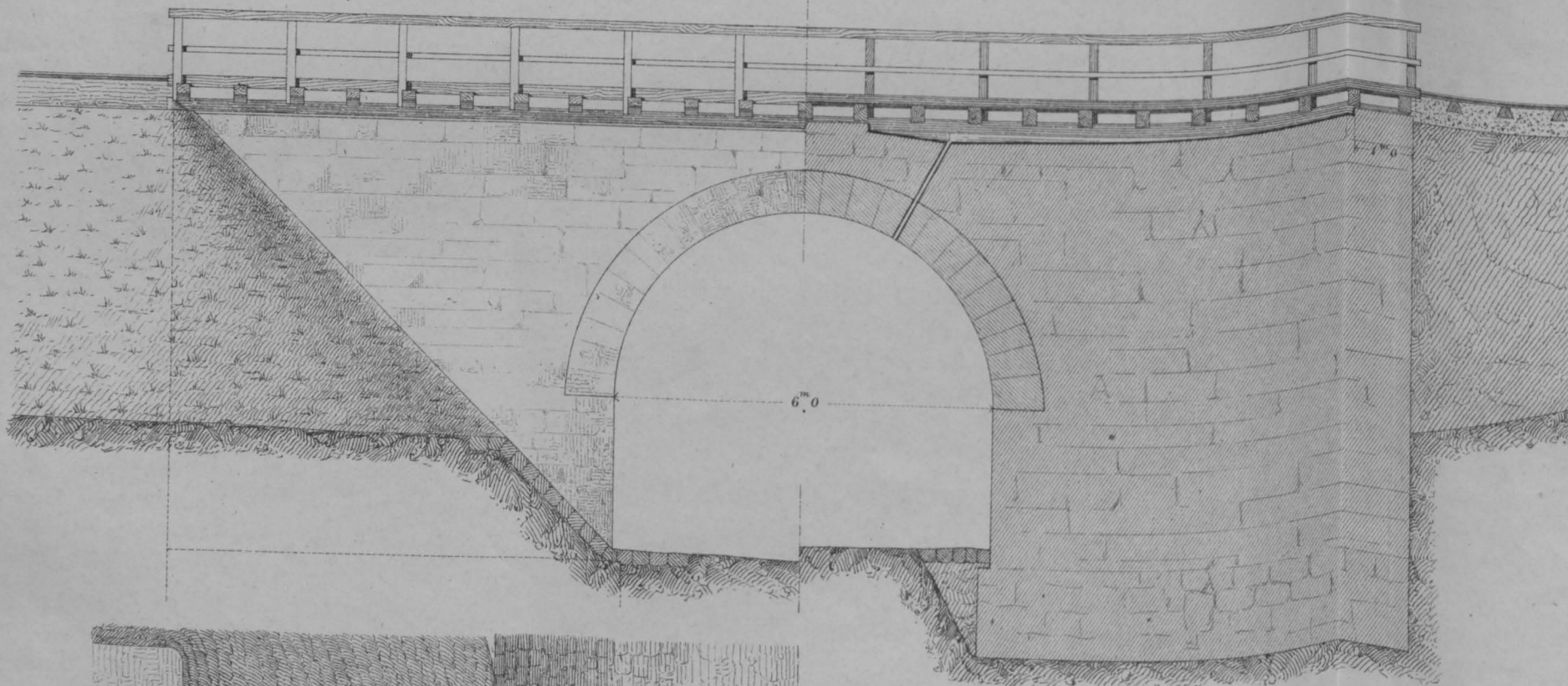


Neue Typen.
Grundform C.

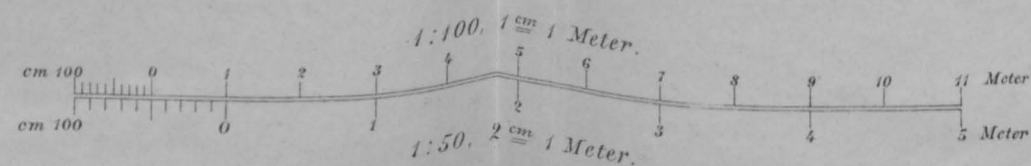
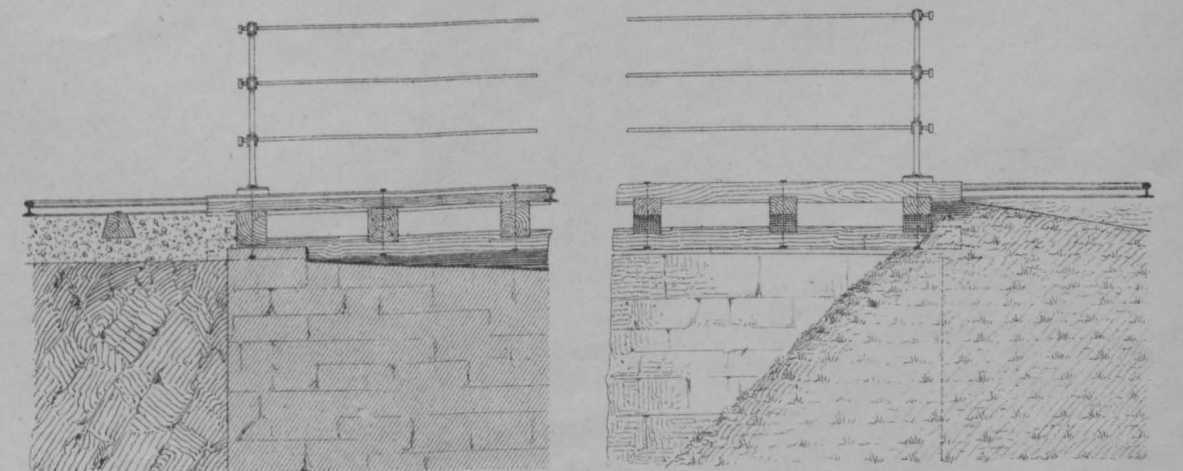


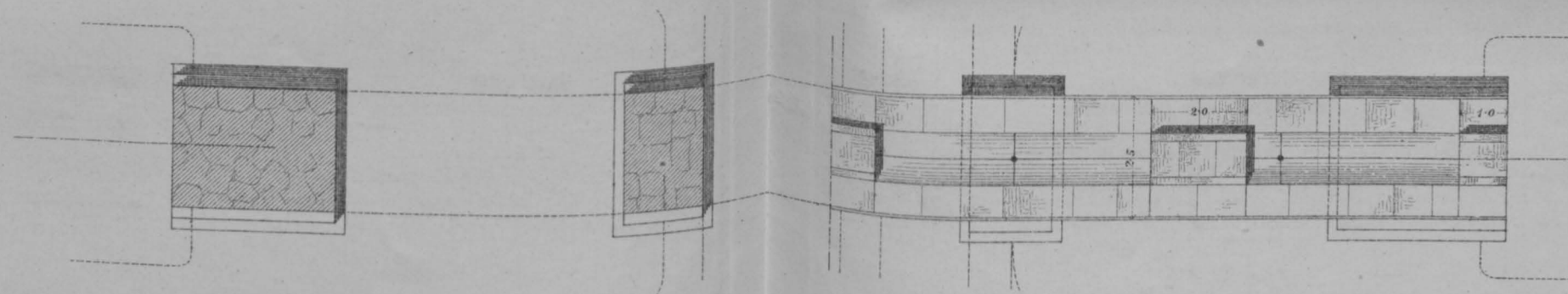
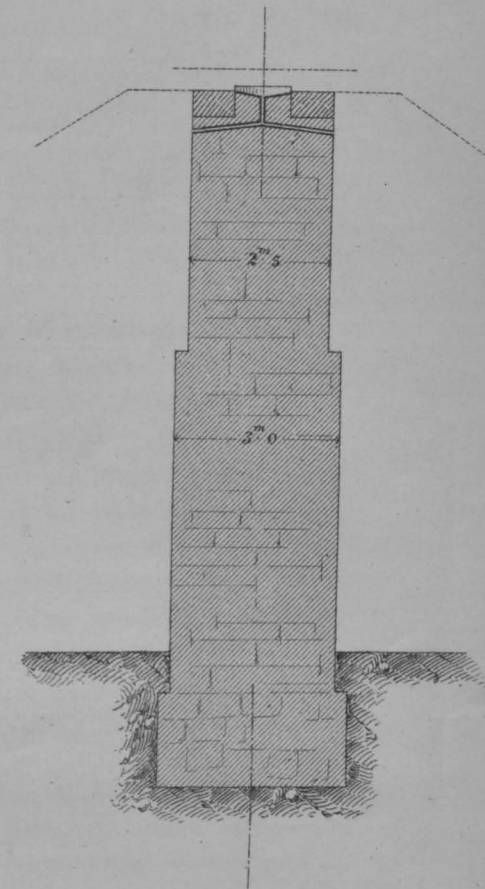
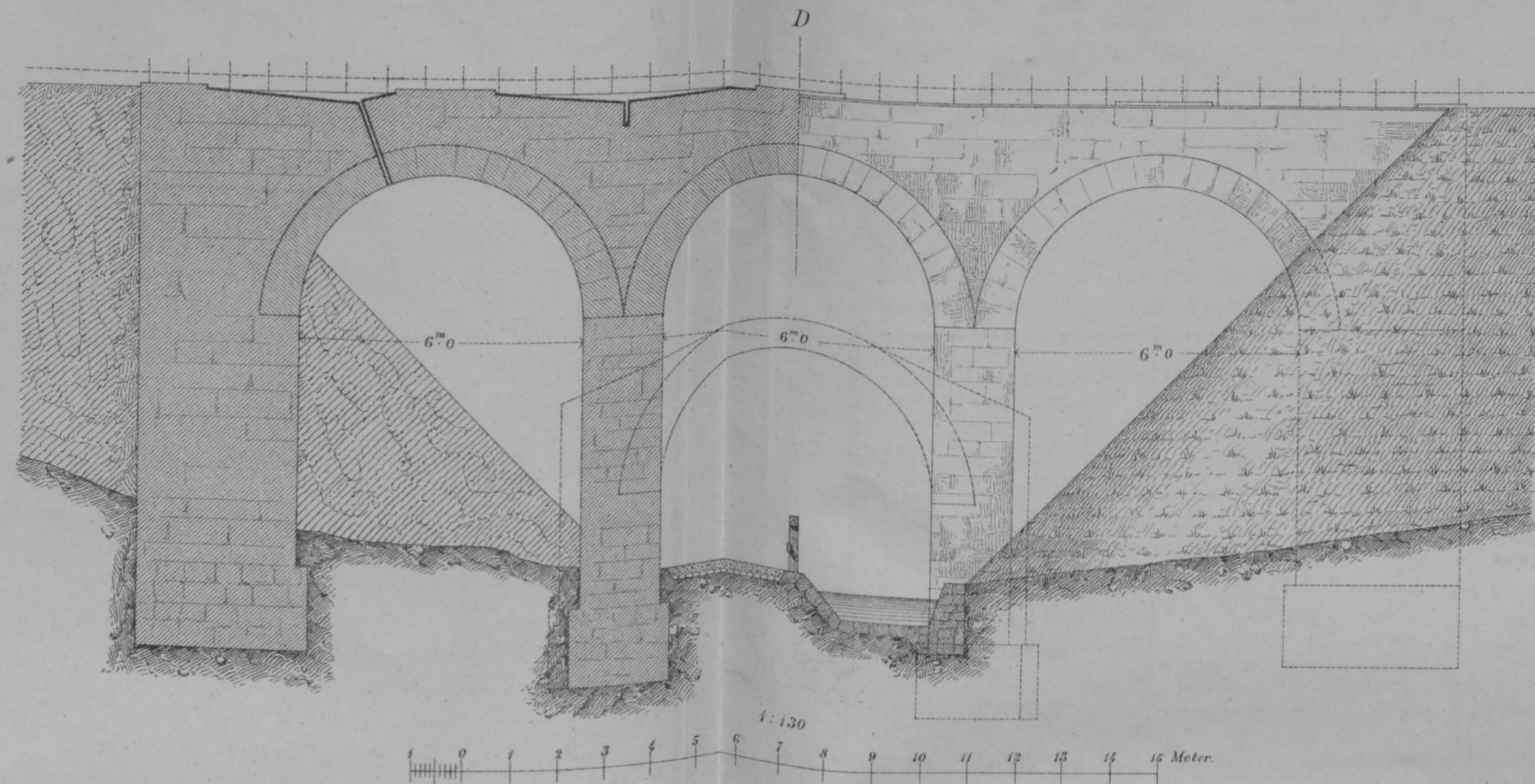
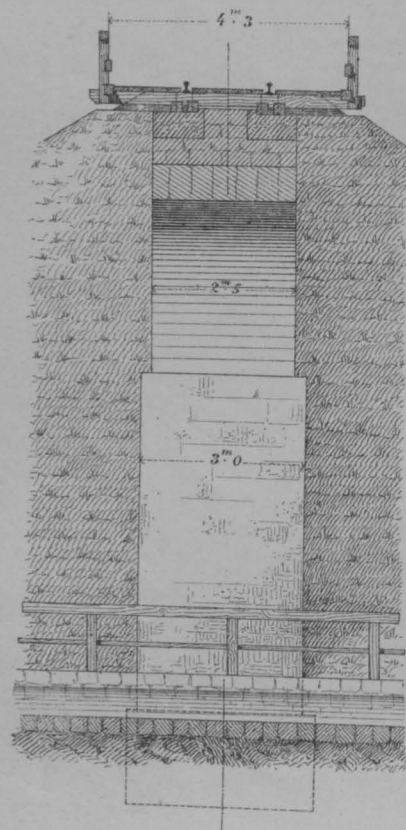
Neue Grundform.

D



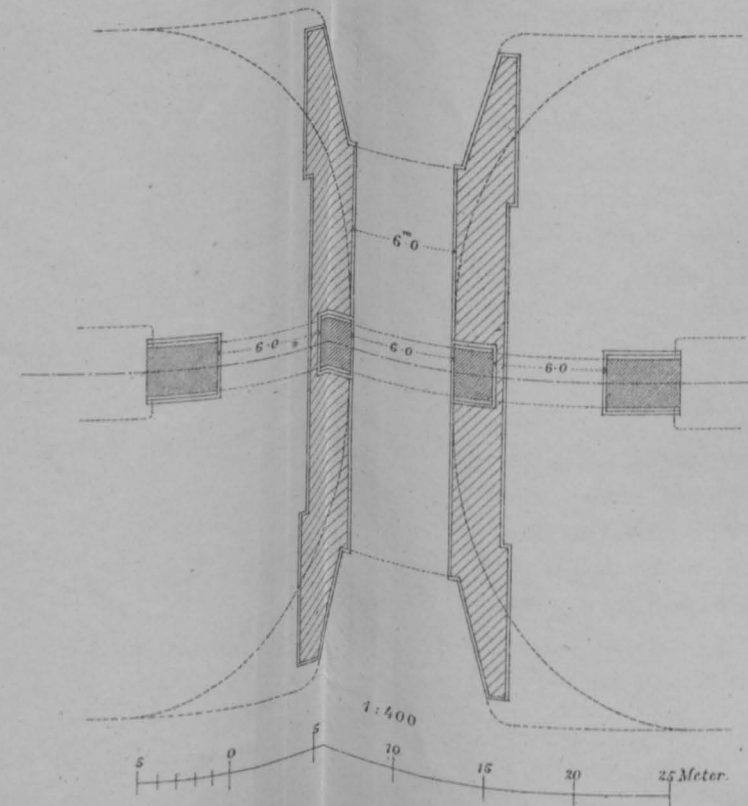
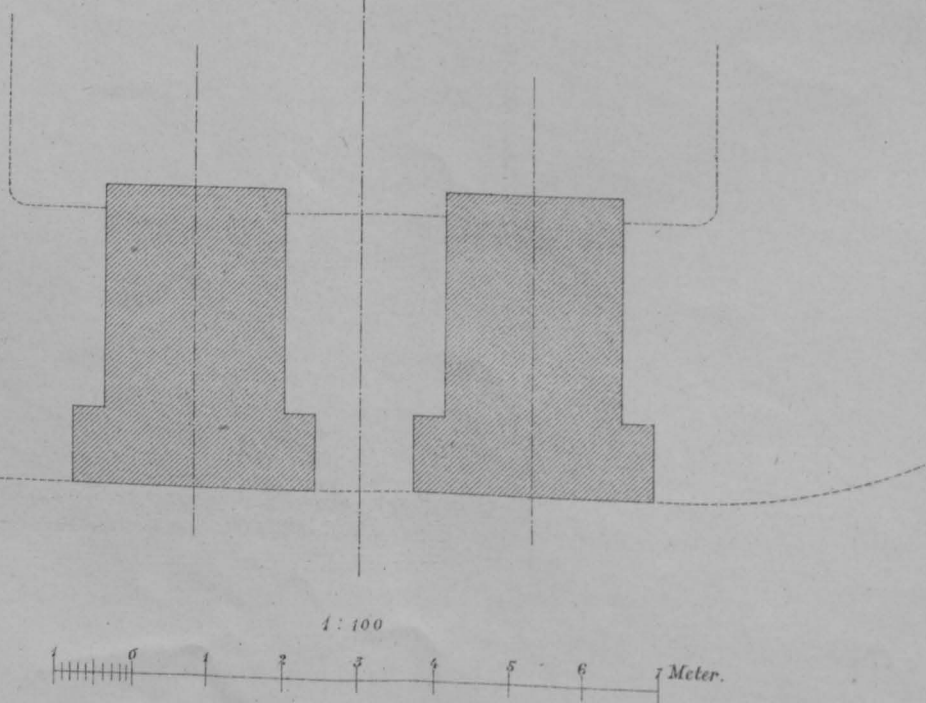
1:50





FRANKLIN
INSTITUTE
LIBRARY.

C.



Minimaler Querschnitt eines Steinviaductes
nach bisheriger Type.

